



**Consolidar el desarrollo para la adquisición y evaluación de nueva tecnología biomédica y metodología Saaty en la Fundación Clínica del Norte**

Andrea Julieth Bedoya Valencia

Tesis presentada como requisito parcial para optar el título de:  
**Bioingeniero**

Asesores (a):

Lorena Cadavid Pérez, Analista de Bioingeniería

Javier Hernando García Ramos, Máster e Ingeniería Electrónica

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Departamento de Bioingeniería  
Medellín, Colombia

2022

---

Cita

Andrea Julieth Bedoya Valencia [1]

---

**Referencia**

- [1] A. J. Bedoya Valencia, “Consolidar el desarrollo para la adquisición y evaluación de nueva tecnología biomédica y metodología Saaty en la Fundación Clínica del Norte”, Trabajo de grado profesional, Bioingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2022.

Estilo IEEE (2020)

---



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** John Fredy Ochoa.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

Texto de dedicatoria c Con todo mi corazón, este trabajo va dedicado a mis padres, por haberme apoyado en cada paso que doy, en especial, en mi formación como profesional. La educación que me brindaron fue bajo reglas y algunas libertades, lo que me permitió esculpirme como la mujer que soy en la actualidad. La bendición de ambos, me protege todos los días de mi vida y me ayuda a decidir el mejor camino. Por lo tanto, en ofrenda al amor y a la ayuda incondicional que me brindan, les doy toda la disciplina y esfuerzo con la que pude llegar a realizar y concluir este trabajo, lo que incluye todos los años de formación educativa y como persona, para lograr este objetivo. Los amo con toda mi alma.

## **Agradecimientos**

Para iniciar, deseo agradecer profundamente a mis padres María Lindelia Valencia y Jhon Jairo Bedoya, por el constante apoyo y esfuerzo que me brindaron para llegar a donde estoy, la lucha ha sido de los tres y soy muy bendecida por tener el apoyo incondicional. Agradezco a la Universidad de Antioquia, mi alma mater, quien me regaló los mejores maestros y compañeros quienes se volvieron amigos, experiencias y espacios, que fueron parte de este proceso y culminación. Estoy muy agradecida con la Fundación Clínica del Norte por brindarme la oportunidad de conocer excelentes personas y equipo de trabajo como la ingeniera Lorena Cadavid, Yeferson Roldan, Luis Felipe Sosa, Santiago Cardona, que tuvieron la disposición de enseñarme su conocimiento sobre las labores diarias en el ámbito de la ingeniería clínica. Finalmente, agradezco al profesor Javier Hernando García Ramos por el acompañamiento y asesoramiento en el desarrollo de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	10
ABSTRACT .....	11
I. INTRODUCCIÓN .....	12
II. OBJETIVOS .....	14
A. Objetivo general .....	14
B. Objetivos específicos .....	14
III. MARCO TEÓRICO .....	15
A. Dispositivo biomédico.....	15
B. Equipo biomédico .....	16
C. Gestión de la tecnología biomédica .....	16
D. Evaluación de la tecnología biomédica.....	17
E. Toma de decisiones .....	18
F. Metodología AHP .....	18
IV. METODOLOGÍA .....	23
A. Establecimiento de los parámetros necesarios para la metodología Saaty.....	23
B. Rediseño de la matriz para la adquisición de la tecnología con los parámetros establecidos de la metodología Saaty .....	24
C. Rediseño de la matriz para la adquisición de la tecnología con los parámetros establecidos de la metodología Saaty .....	24
D. Validación de la matriz .....	24
E. Realización de indicaciones para la orientación rápida, de la debida implementación de la metodología AHP para la adquisición de tecnología. ....	25

F. Aplicación de la matriz de evaluación rediseñada, para la adquisición de tecnología biomédica en la Fundación Clínica del Norte. ....	25
V. ANÁLISIS Y RESULTADOS .....	26
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS .....	48
ANEXOS.....	50

## LISTA DE TABLAS

TABLA I. ÍTEMS DE LA MATRIZ EVALUACIÓN EN LA FCN.....	26
TABLA II. COMPARACIONES PAREADAS DE AHP .....	28
TABLA III. FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS DE AHP.....	28

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Pasos para la gestión de tecnología biomédica .....	17
Fig. 2. Proceso para la toma de decisiones .....	18
Fig. 3. Pasos esenciales en los que se descompone la metodología Saaty. ....	19
Fig. 4. Estructura jerárquica de aplicación de AHP para seleccionar editor de contenidos de objetos de aprendizaje.....	20
Fig. 5. Estructura jerárquica de aplicación de AHP para seleccionar el proveedor de suministros para la empresa gráfica comercial MyE S.R.L.....	21
Fig. 6. Estructura jerárquica de aplicación de AHP para sobre la priorización predial en procesos de reconversión productiva en el Páramo de Chingaza.....	21
Fig. 7. Infografía de la metodología implementada. ....	23
Fig. 8. Estructura básica de la metodología Saaty.....	27
Fig. 9. Contrastes empíricos de la metodología Saaty. ....	29
Fig. 10. Comparación entre criterios la metodología Saaty. ....	30
Fig. 11. Comparación de las alternativas con respecto a los criterios la metodología Saaty. ....	30
Fig. 12. Multiplicación entre la matriz con los vectores prioridad de cada comparación entre las alternativas con respecto a cada criterio y el vector prioridad de la comparación de criterios. ....	31
Fig. 13. Resultado de Multiplicación entre la matriz con los vectores prioridad de cada comparación entre las alternativas con respecto a cada criterio y el vector prioridad de la comparación de criterios.....	32
Fig. 14. Procedimiento para el ratio de consistencia (CR).....	33
Fig. 15. Estructura básica de AHP que se implementó en la FCN.....	34
Fig. 16. Matriz de resultados donde se resume el porcentaje de las evaluaciones realizadas por la FCN. ....	34
Fig. 17. Matriz de comparación de criterios.....	35
Fig. 18. Matriz de comparación de criterios normalizada y vector propio de la matriz. ....	35
Fig. 19. Matriz de resultados de la matriz de evaluación de la FCN, donde se señala el valor de la posición 2,2 que es referente a la tecnología 1 y, se divide por el valor de la posición 2,3 que es referente a la tecnología 2 .....	36

Fig. 20. Matriz alternativa en función de la evaluación técnica, matriz normalizada y vector propio de la matriz en función del criterio 1.....	37
Fig. 21. Matriz alternativa en función de la evaluación clínica, matriz normalizada y vector propio de la matriz en función del criterio 2.....	37
Fig. 22. Matriz alternativa en función de la EF-MIN, matriz normalizada y vector propio de la matriz en función del criterio 3. ....	38
Fig. 23. Matriz alternativa en función de la EF-MAX, matriz normalizada y vector propio de la matriz en función del criterio 4. ....	38
Fig. 24. Multiplicación de la matriz de los vectores prioridad de las matrices alternativas con el vector prioridad de la matriz de criterios. ....	39
Fig. 25. Ranking o jerarquización de los resultados. ....	39
Fig. 26. Cálculo de la razón de consistencia, A) Resultado coherente, B) Resultado no coherente (CR).....	40
Fig. 27. Instructivo de la metodología Saaty.....	41
Fig. 28. Instructivo de la metodología Saaty.....	41
Fig. 29. Instructivo de la metodología Saaty.....	42
Fig. 30. Instructivo de la metodología Saaty.....	42
Fig. 31. Instructivo de la metodología Saaty.....	42
Fig. 32. Resultados de la evaluación técnica para las máquinas de circulación extracorpóreas de los diversos proveedores. ....	43
Fig. 33. Resultados de la evaluación clínica para las máquinas de circulación extracorpóreas de los diversos proveedores. ....	43
Fig. 34. Resultados de la evaluación económica por minimización para las máquinas de circulación extracorpóreas de los diversos proveedores. ....	44
Fig. 35. Resultados de la evaluación económica por maximización para las máquinas de circulación extracorpóreas de los diversos proveedores. ....	44
Fig. 36. Matriz de resultados de las diferentes evaluaciones realizadas para las máquinas de circulación extracorpóreas de los diversos proveedores. ....	45
Fig. 37. Ranking o jerarquización de los resultados de la metodología AHP.....	45
Fig. 38. Resultado de la razón de consistencia (CR).....	45

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>FCN</b>	Fundación Clínica del Norte
<b>AHP</b>	Analytical hierarchy process, metodología Saaty
<b>ET</b>	Evaluación técnica
<b>EC</b>	Evaluación clínica
<b>EF-MIN</b>	Evaluación económica método de minimización
<b>EF-MAX</b>	Evaluación económica método de maximización
<b>PB</b>	Tiempo de inversión de lo invertido
<b>VAN</b>	Valor actual neto
<b>TIR</b>	Tasa interna de retorno
<b>CR</b>	Ratio, razón o medida de consistencia
<b>DM</b>	Dispositivo médico.
<b>OPS</b>	Organización Panamericana de la Salud
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud

---

## RESUMEN

La acción que implica compra-venta, comodato o donación de un equipo biomédico en una institución prestadora de salud e involucrando el proveedor, se le conoce como adquisición de la tecnología biomédica, lo cual requiere de una evaluación técnica, clínica y económica, esto permite observar los requisitos técnicos, legales, los costos, que se suplan las necesidades tecnológicas en la institución y la evaluación de las diferentes alternativas presentadas por los proveedores, buscando contribuir con la calidad de la prestación del servicio, todo esto conocido como la matriz de evaluación de la tecnología biomédica para la adquisición de esta. Para contribuir con la toma de decisiones con respecto a la elección de una tecnología biomédica, se implementa en la matriz de evaluación de tecnologías la metodología Saaty con el fin de corroborar la elección de la tecnología y observar si los porcentajes de importancia aplicados en la matriz de adquisición, son coherentes o no, lo que incrementa la credibilidad de la evaluación y confiabilidad, brindando a la Fundación clínica del norte una opción de mejoramiento a la hora de adquirir una nueva tecnología.

***Palabras clave* — Metodología Saaty, AHP, tecnología biomédica, adquisición tecnológica, evaluación de tecnologías biomédicas, matriz de evaluación.**

---

**ABSTRACT**

The action that implies purchase-sale, commodate or donation of a biomedical equipment in a health provider institution and involving the supplier, this is known as acquisition of biomedical technology, which requires a technical assessment, clinical assessment and economic assessment, this allows observe the technical and legal requirements, the costs, that the technological needs are met in the institution and the assessment of the different alternatives presented by the providers, seeking to contribute to the quality of the provision of the service, all this known as the assessment matrix of biomedical technology for its acquisition. To contribute to decision-making regarding the choice of a biomedical technology, the Saaty methodology is implemented in the technology assessment matrix in order to corroborate the choice of technology and observe if the percentages of importance applied in the matrix of acquisition, whether they are consistent or not, which increases the credibility of the assessment and reliability, providing the Fundación Clínica del Norte with an option for improvement when acquiring a new technology.

***Keywords* — Saaty methodology, AHP, biomedical technology, technology acquisition, assessment of biomedical technologies, evaluation matrix.**

---

## I. INTRODUCCIÓN

El efecto de la tecnología en la vida humana, incluso animal, ha ayudado a cambiar las culturas en diversos lugares del mundo, modificando constantemente la vida cotidiana, industrial, y en el área de la salud. En los últimos años, es posible evidencia en la prestación de servicios en salud, que la tecnología a impactado fuertemente, teniendo como consecuencia el avance medicinal y todo lo relacionado a la atención en salud [1].

Una de las misiones que posee el avance tecnológico en la medicina, es mejorar la salud de la sociedad, vibrando seguridad, tranquilidad y rapidez para quienes hacen parte del personal asistencial, como para los pacientes [1]. Ahora bien, así como la tecnología biomédica avanza, los recursos económicos también, por lo que en muchas ocasiones en entidades prestadoras de salud poseen estos recursos económicos limitados, por lo tanto, es necesario tomar una decisión que se ajuste tanto en la parte económica como en la parte tecnológica, cuando se vaya a adquirir una tecnología biomédica, es decir, que se acomode a las necesidades de la IPS.

El objetivo que brinda la evaluación de adquisición para la tecnología biomédica en las instituciones prestadoras de salud es contribuir por medio de una inversión coherente y responsable, en la mejora de la calidad, seguridad, efectividad en las prestaciones del servicio en salud, entre otros. El proceso que se lleva a cabo incluye la identificación de las necesidades, revisión de las ofertas, contratos y extracción de la información de estos, elección del proveedor y la tecnología biomédica que se va a adquirir, ensayo y utilización del equipo hasta el final del ciclo de vida de este. Algunos factores por los cuales se afecta la toma de decisiones en el proceso de adquisición de tecnología biomédica son: Cuando se tiene una nueva tecnología médica las personas encargadas para tomar decisiones con respecto a los procesos de adquisición, tienen en cuenta únicamente cómo contratarlo y el costo del equipo [2], adicionalmente, no se tiene una evaluación rigurosa del efecto clínico, ético, económico y social en el momento de adquirir a tecnología biomédica [3].

Se busca por medio de la adquisición de bienes confinados de tecnología, la facilitación a la institución beneficios económicos y alta efectividad en el servicio, es decir, el propósito de

---

obtener tecnología biomédica es la incrementación de la seguridad, la calidad y el rendimiento en la ejecución del servicio de salud. En donde es necesario la identificación de las necesidades, la planificación, las solicitudes, la evaluación de las ofertas, la elección de proveedores y el contrato con ellos, y finalmente, las fases necesarias para el servicio.

En Colombia, se es posible observar las competencias existentes entre las instituciones para la adquisición de tecnologías, donde una de las interferencias más destacadas es la falta de un mecanismo que permita la evaluación de una nueva tecnología, teniendo como resultado la dificultad en la decisión para la compra de esta en la institución, donde la inversión de cierta cantidad no corresponde a la solución de las necesidades en la institución a la hora de prestar servicio en salud, adicionalmente, la incompatibilidad de estas tecnologías con la infraestructura de la institución, aumentando el costo ya sea para la reformación o para los mantenimientos, posibilitando los incidentes por mal uso e incrementando los costos en la atención al usuario.

La Fundación Clínica del Norte (FCN) es una entidad sin ánimo de lucro, prestadora de servicio en salud a toda la comunidad del departamento de Antioquia y el municipio de Bello. Se especializa en el manejo de las enfermedades cardio-cerebro-vasculares y el manejo del trauma [4]. La FCN presenta servicios de alta complejidad los cuales requieren tecnología médica avanzada y personal especializado, representado en la atención humanizada con los pacientes, por lo tanto, la clínica debe implementar las normativas que estandaricen el proceso en gestión y evaluación de tecnología asegurándose como una institución asequible y confiable.

Por lo tanto, con este proyecto se pretende contribuir a la problemática, con el rediseño de la estructura de la matriz de evaluación para la adquisición de nueva tecnología, aplicando la metodología SAATY, en la Fundación Clínica del Norte, beneficiando tanto a la institución, disminuyendo los costos inconscientes en la compra no evaluada de alta tecnología, como a los usuarios y la prestación de salud hacia ellos.

---

## II. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general*

Plantear y rediseñar la matriz de evaluación para la adquisición de tecnología o equipos biomédicos en la Fundación Clínica del Norte, incluyendo la metodología SAATY, de acuerdo con modelos internacionales.

### *B. Objetivos específicos*

- Establecer los parámetros necesarios para la metodología SAATY, que sean aplicables a la matriz de evaluación para la adquisición de tecnología o equipos biomédicos en la Fundación Clínica del Norte.
- Rediseñar adecuadamente de los parámetros establecidos con la metodología SAATY.
- Validar la matriz de evaluación para la adquisición de tecnología o equipos biomédicos en la Fundación Clínica del Norte.
- Realizar indicaciones para la orientación rápida, de la debida implementación de la matriz de evaluación para la adquisición de tecnología.
- Aplicación a las nuevas adquisiciones planteadas en la institución.

### III. MARCO TEÓRICO

La evolución y modificación o transformación de la medicina, también es debido por la tecnología, pues esta contribuye con el mejoramiento en la seguridad en la prestación de los servicios en salud y la calidad de estos. Para el crecimiento clínico como industrial es importante la toma de decisiones, donde se centra en la planeación y establecimiento de criterios, estos se apoyan de una metodología y un soporte conceptual. Según la Resolución 434 de 2001, en el artículo octavo del capítulo II, se define la evaluación de tecnología biomédica como “*los procedimientos que permiten establecer la calidad, el costo – efectividad, la factibilidad, la conveniencia y la aplicabilidad de una tecnología para la prestación de servicios de salud*” [5], con lo que se puede decir que las instituciones prestadoras de salud se basan en la evaluación de tecnología biomédica para la adquisición de esta. En el presente ítem se procura exponer y considerar los conceptos principales y teóricos que hacen referencia a la toma de decisiones, a la adquisición de tecnología biomédica, incluyendo también las bases conceptuales del análisis de jerarquización de procesos (AHP), el cual se desarrollara en este trabajo, con el fin de entender las características de esta metodología y sus aspectos básicos.

#### A. Dispositivo biomédico

Según el decreto número 4725 de 2005 , el cual plantea el marco normativo para los DM se define dispositivo médico de la siguiente manera: “Se entiende por dispositivo médico para uso humano, cualquier instrumento, aparato, máquina, software, equipo biomédico u otro artículo similar o relacionado, utilizado sólo o en combinación, incluyendo sus componentes, partes, accesorios y programas informáticos que intervengan en su correcta aplicación, propuesta por el fabricante para su uso en: a) Diagnóstico, prevención, supervisión, tratamiento o alivio de una enfermedad; b) Diagnóstico, prevención, supervisión, tratamiento, alivio o compensación de una lesión o de una deficiencia; c) Investigación, sustitución, modificación o soporte de la estructura anatómica o de un proceso fisiológico; d) Diagnóstico del embarazo y control de la concepción; e) Cuidado durante el embarazo, el nacimiento o después del mismo, incluyendo el cuidado del recién nacido; f) Productos para desinfección y/o esterilización de dispositivos médicos”[6].

---

Adicionalmente, según la OPS, se estima que los DM contribuyen fundamentalmente los sistemas de salud, pues los servicios benéficos que suministra se van ampliando, pues con estos es posible prever, evaluar, diagnosticar, asistir enfermedades de forma fiable y práctico [7].

### *B. Equipo biomédico*

La Organización Mundial de la Salud, es aquel grupo que trata temas importantes relacionados con la salud en todo el mundo, estableciendo normas, programas educativos e investigativos, artículos e informes científicos involucrados con la atención en salud, tratamientos de enfermedades y medicamentos. Esta organización define como equipo biomédico *“Dispositivo médico que exige calibración, mantenimiento, reparación, capacitación del usuario y desmantelamiento, actividades que por lo general están a cargo de ingenieros clínicos. Los equipos médicos se usan con un fin determinado de diagnóstico y tratamiento de enfermedades o de rehabilitación después de una enfermedad o lesión; se los puede usar individualmente, con cualquier accesorio o consumible o con otro equipo médico. El término “equipo médico” excluye los implantes y los dispositivos médicos desechables o de un solo uso”* [8].

### *C. Gestión de la tecnología biomédica*

Para hablar sobre la gestión de tecnología biomédica, es importante conocer que es la tecnología biomédica, pues esta permite realizar prevención, tratamiento y diagnóstico de las enfermedades, trabajando en grupo con los médicos, cirujanos y personal asistencial, tales como equipos, prototipos, software, dispositivos, entre otros [9]. La gestión de la tecnología biomédica surgió bajo la necesidad de manejar estrategias para el factor tecnológico en donde se incluye el desarrollo y la planeación para lograr los propósitos de una institución prestadora de salud, mezclando ciencia, administración e ingeniería [9]. Por lo tanto, la gestión de tecnología biomédica es la agrupación de funciones que permite adquirir información sobre los equipos biomédicos, con el fin de analizar estrategias para la adquisición de tecnologías biomédicas dependiendo de las necesidades de las IPS, en las que se incluye seguridad de la tecnología en la vida útil, mantenimientos preventivos y correctivos, calibración, cambio de tecnología por obsolescencia y

capacitaciones [9]. La gestión de tecnología biomédica cuenta con diversos ítems de cumplimiento, como se puede observar en la fig.1 [10].

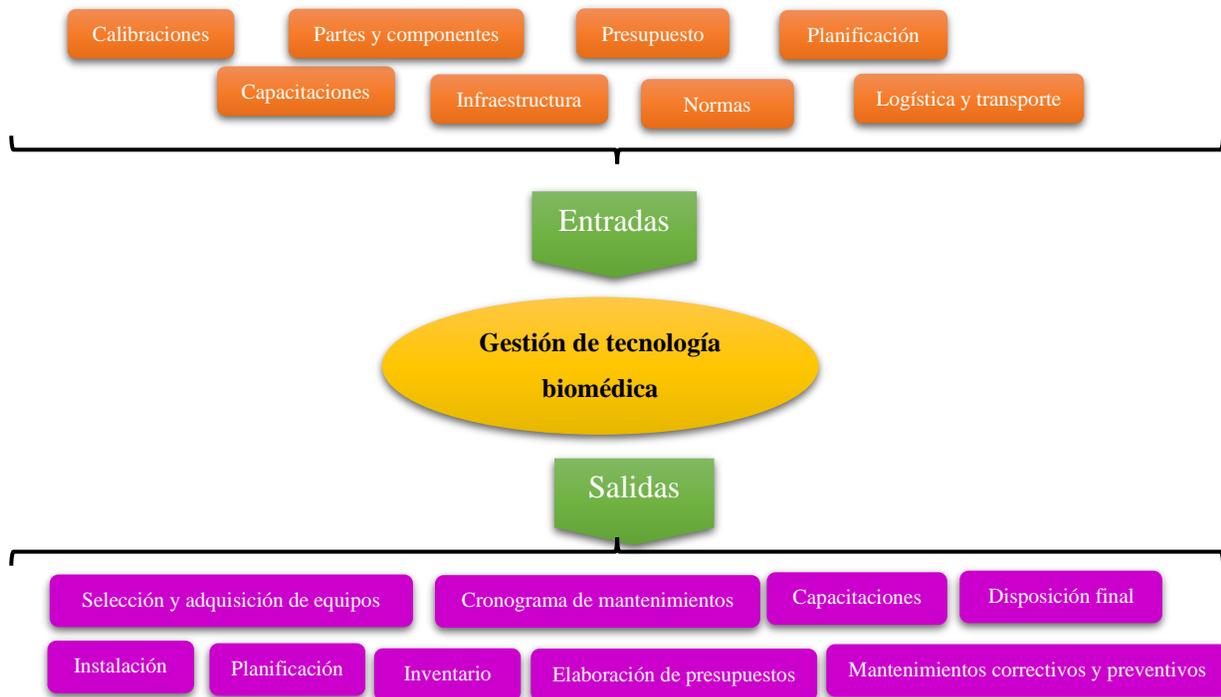


Fig. 1. Pasos para la gestión de tecnología biomédica [10].

#### D. Evaluación de la tecnología biomédica

Esta evaluación se usa para expresar cualquier procedimiento que investigue y analice las características y propiedades como la efectividad, seguridad, costos, uso, rentabilidad, eficacia, entre otras de las tecnologías biomédica, con la finalidad de proporcionar información efectiva para tomar decisiones en cuanto a tecnologías en salud, tales como, adquisición, cambio de tecnología por obsolescencia, consecuencias e impacto.

Por lo tanto, Facilita la información confiable en lo que incumbe a la tecnología biomédica, permitiendo decidir en cuanto a lo que corresponde de la programación estratégica de las necesidades, adquisición, instalación y evaluación de tecnología, incluyendo el entrenamiento o capacitación del personal que lo manipula. Lo que permite garantizar el correcto funcionamiento y efectividad que se espera en la clínica, adicionalmente, la realización de los mantenimientos correspondientes, la calibración, el control y seguimiento y, finalmente, la disposición de la tecnología cuando ya se ha cumplido el tiempo de vida útil [11].

### E. Toma de decisiones

Es el desarrollo a través del cual se ejecuta una selección entre diferentes opciones, también permite solucionar momentos vitales. Para ello, existen factores que intervienen en este proceso, tales como actividades y algunas técnicas [12]. En la fig.2 se observa el proceso para la toma de decisiones.

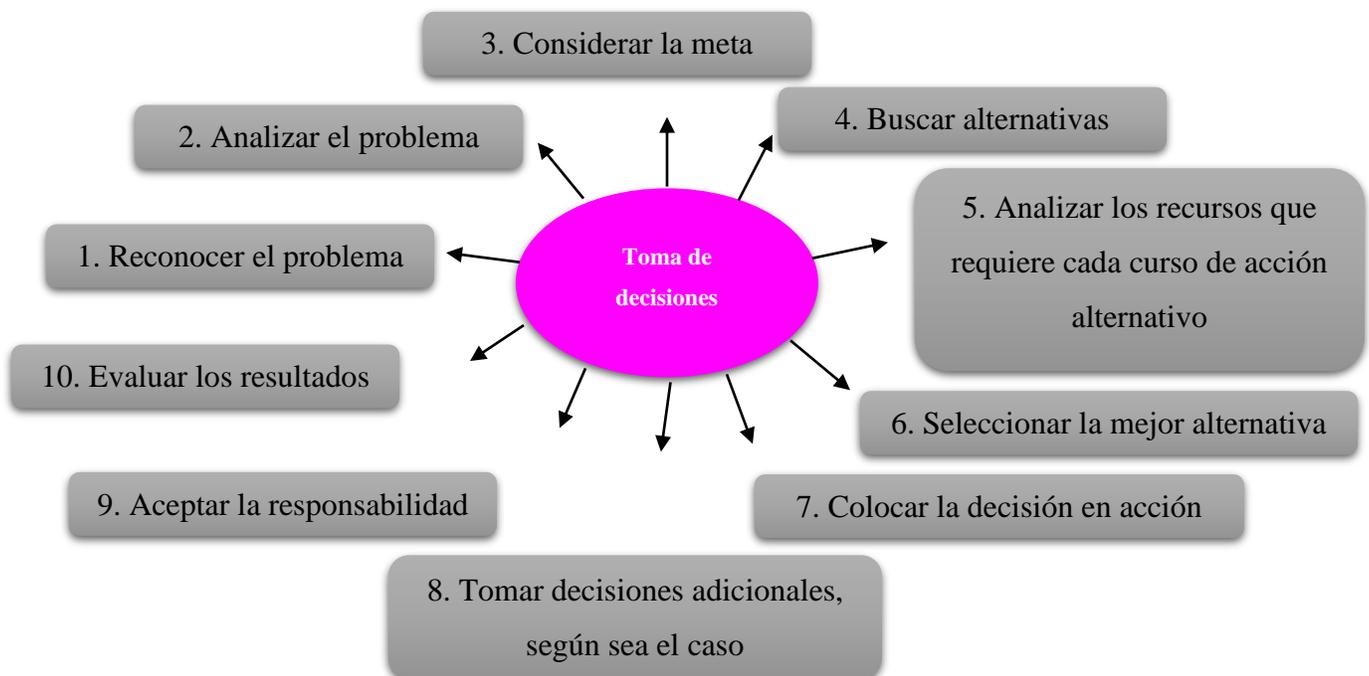


Fig. 2. Proceso para la toma de decisiones [12].

### F. Metodología AHP

Es un método cuantitativo, la cual utiliza planillas de cálculo y permite realizar comparaciones de forma multicriterio, basándose en escalas de prioridades, donde se presenta una que sobresale respecto a la otra. Existen 4 pasos esenciales en los que se descompone esta tecnología [13], ver fig.3.

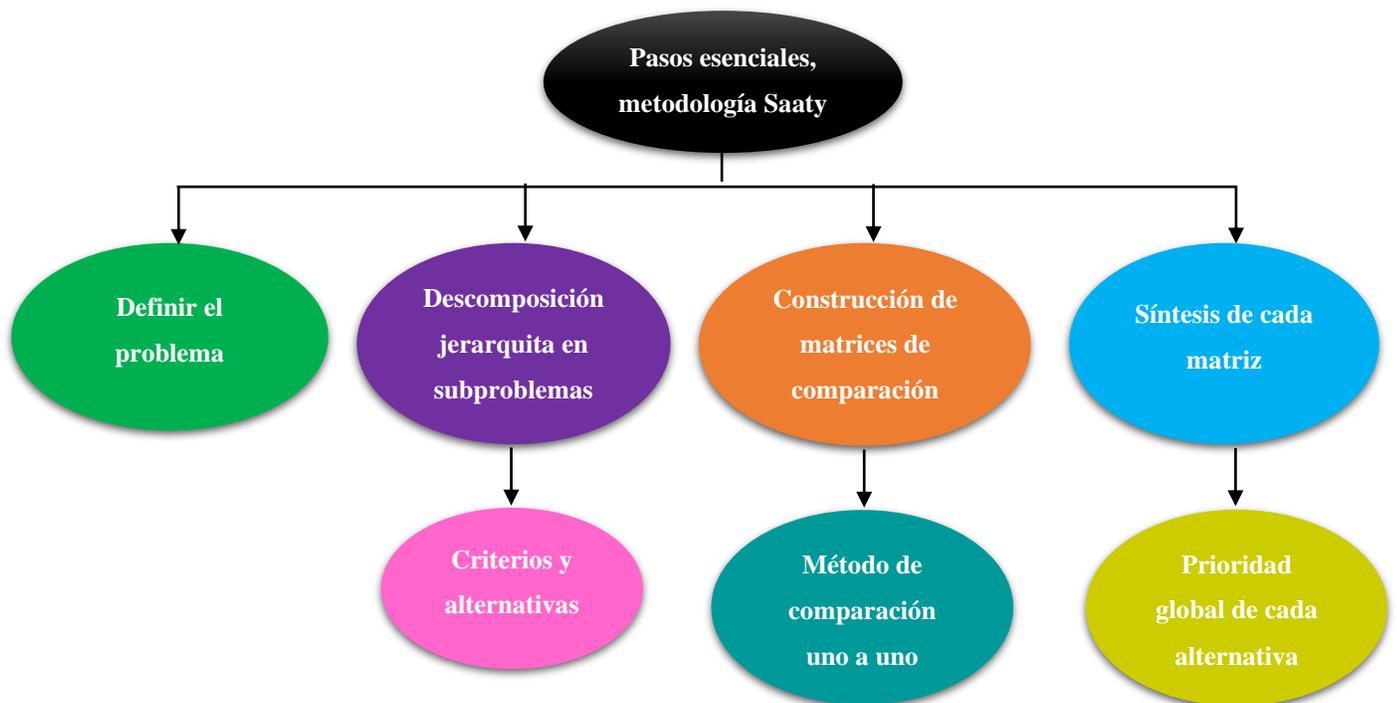


Fig. 3. Pasos esenciales en los que se descompone la metodología Saaty [13].

Este proceso analítico jerárquico, ha sido utilizado como base para decidir en diferentes áreas, sin importar el alcance. Una ventaja de este método es la integridad entre las opiniones subjetivas de los diferentes decisores. Algunas aplicaciones son:

La selección de algún editor de contenido digital, lo que contribuye apoyar a profesores con estrategias y materiales que permiten ejercer su profesión, por lo que se eligen como alternativas, eXelearning, Glomaker, Reload y, como criterios la accesibilidad, la facilidad de uso y la disponibilidad, en base a estos criterios y alternativas se elige el editor de contenido educativo [14].

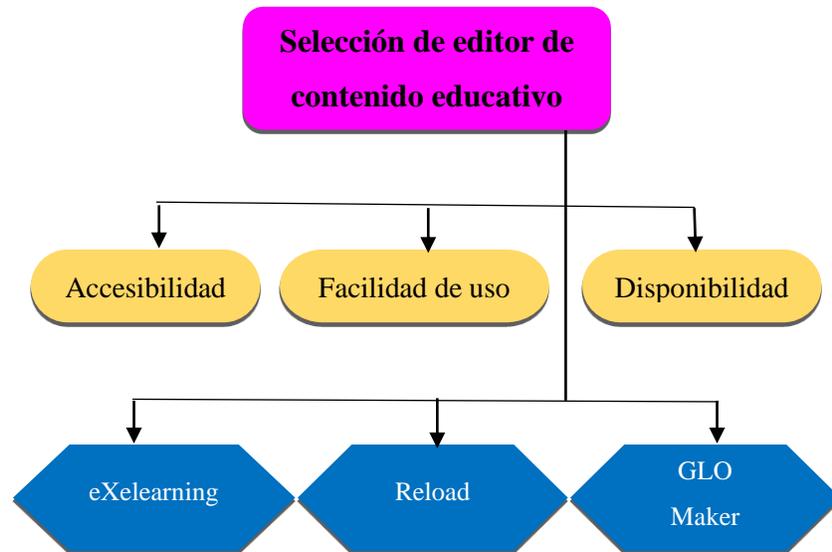


Fig. 4. Estructura jerárquica de aplicación de AHP para seleccionar editor de contenidos de objetos de aprendizaje [14].

También ha sido aplicada para la selección de proveedor de suministros para la empresa gráfica comercial MyE S.R.L, en donde los criterios son: factores de producción (tiempo de entrega, calidad, etc), factores contables (ventas, precios, etc), confiabilidad del proveedor, las alternativas definidas son los proveedores tales como: BOPP del Ecuador, Bio-Polymer, Hefei Jingling. Plastic CO. LTD [10]. Ver fig.5.

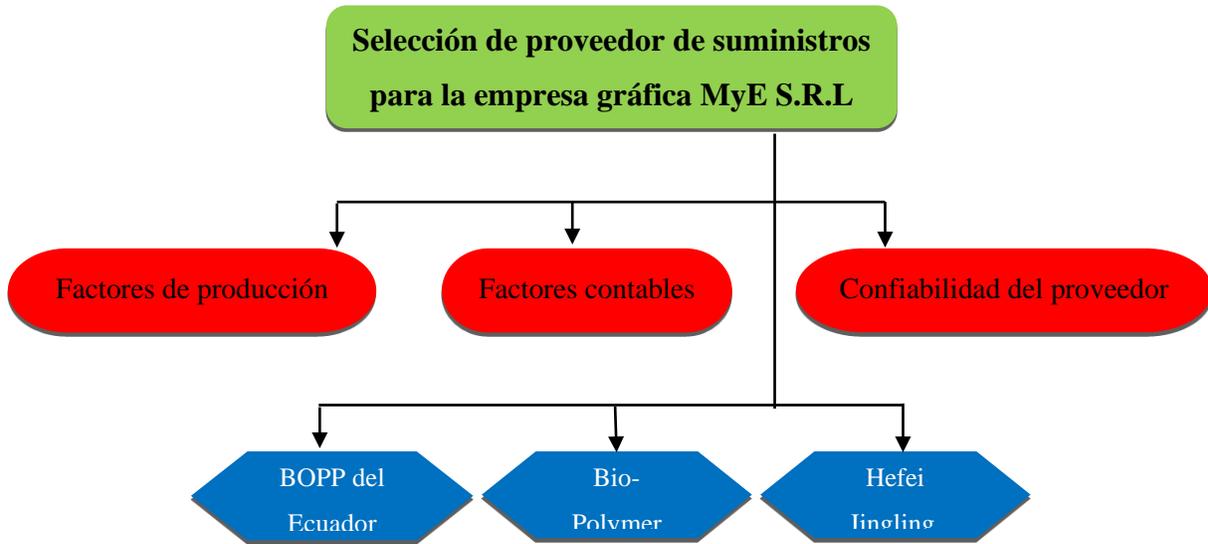


Fig. 5. Estructura jerárquica de aplicación de AHP para seleccionar el proveedor de suministros para la empresa gráfica comercial MyE S.R.L [15].

Otra aplicación, es sobre la priorización predial en procesos de reconversión productiva en el Páramo de Chingaza, en donde los criterios definidos con: vulnerabilidad, zonificación del Páramo, capacidad de uso de las tierras, conflictos de uso, cambio de las coberturas naturales, presencia de fauna silvestre, y las alternativas como la calificación: Muy baja, baja, mediana, alta, muy alta. Ver fig.6

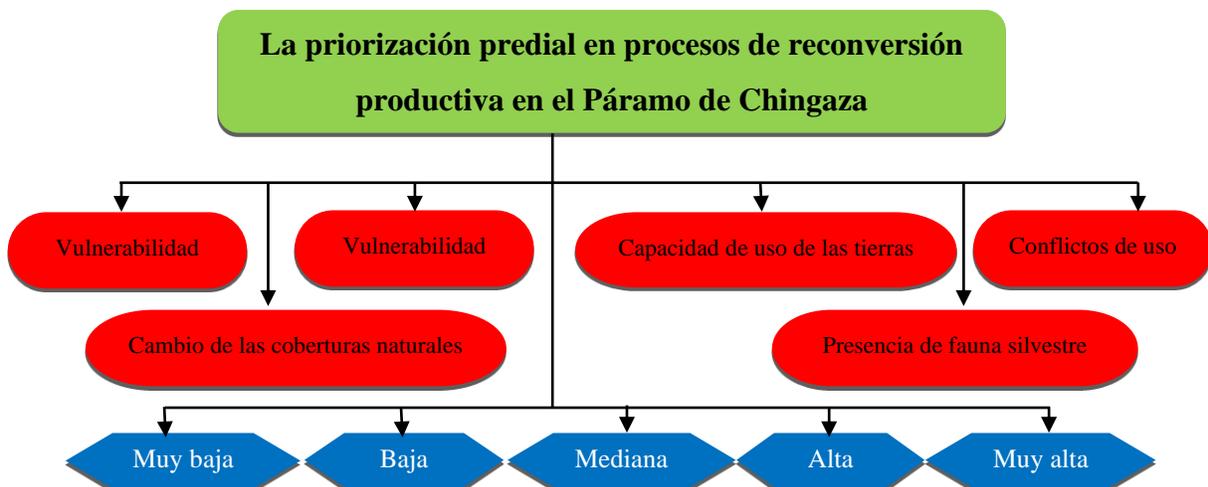


Fig. 6. Estructura jerárquica de aplicación de AHP para sobre la priorización predial en procesos de reconversión productiva en el Páramo de Chingaza [16].

---

Es posible observar también la metodología AHP en aplicación clínica, tal como, para el “*Diseño de un modelo multicriterio para la evaluación del riesgo de ocurrencia de eventos adversos en las E.S.E. Hospitales de los municipios del Atlántico*”. Los criterios definidos para esta aplicación son: “*Contexto institucional, paciente, tecnología, medio ambiente, fuerza de trabajo, métodos de trabajo y equipo de trabajo*”. Y las alternativas, las utilizan como los subcriterios, “*Contexto institucional: Economía del País, Regulaciones y Leyes, Efectividad de las Compañías de Seguro Médico Edad. Paciente: Antecedentes, Complejidad de la Enfermedad, Condición Clínica del Paciente, Aspectos Sociales y Culturales, Personalidad del Paciente. Tecnología: Estado del Equipo Médico, Disponibilidad del Equipo Médico, Uso del Equipo Médico, Calidad de los Dispositivos Médicos. Medio Ambiente: Estado de la Infraestructura, Sobrecarga de Trabajo, Condiciones Generales del Espacio, Patrón de Turno, Atmósfera de Trabajo. Fuerza de Trabajo: Cansancio, Somnolencia, Competencias Técnicas y no Técnicas, Estado Físico y Mental, Estado Físico y Mental, Adherencia a los Protocolos de Salud. Métodos de Trabajo: Presencia de Protocolos de Salud, Claridad en los Procedimientos, Calidad de la Información, Comunicación del Proceso. Equipo de Trabajo: Falta de Comunicación, Falta de Liderazgo, Falta de Supervisión*” [17].

Todos estos ejemplos contribuyen al proyecto, puesto que es posible basarse en el paso a paso y las pautas de la construcción de la estructura básica de la metodología AHP.

---

#### IV. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos propuestos, se diseñó la metodología que se observa en la fig.7, donde se resumen los pasos realizados que se componen en 5 fases, la cual una es consecutiva de la otra.

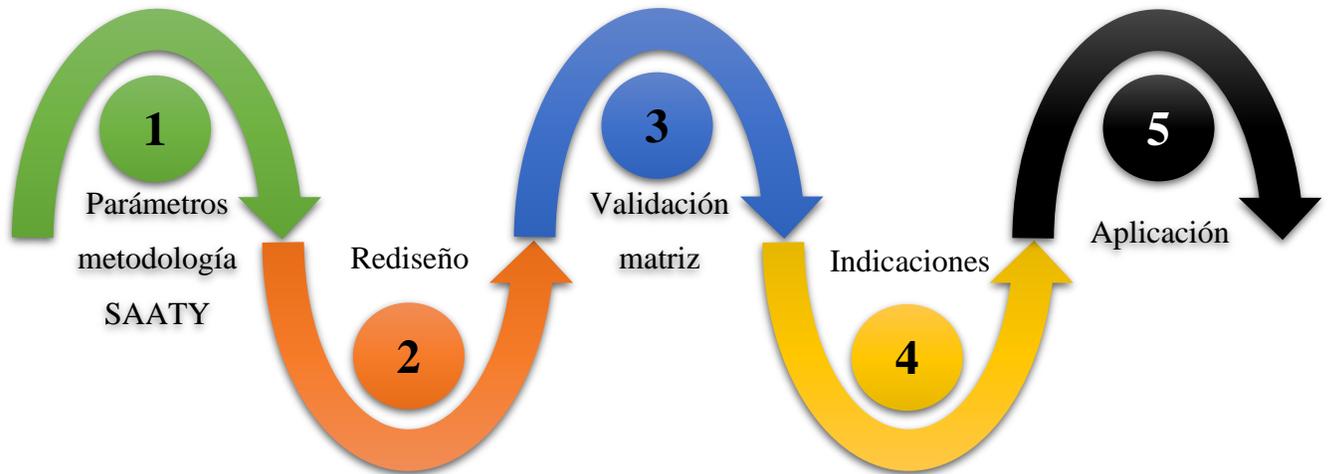


Fig. 7. Infografía de la metodología implementada.

##### A. *Establecimiento de los parámetros necesarios para la metodología Saaty*

En primer lugar, se realizó una búsqueda bibliográfica y en la institución, con el fin de reconocer las pautas establecidas para la adquisición de tecnología que se utiliza en la Fundación Clínica del Norte y la metodología SAATY. Luego, se realizó un resumen de la metodología AHP, explicando el paso a paso de esta, donde se incluyen los fundamentos del AHP, la estructura básica, la ponderación de los criterios, su vector prioridad, las matrices de comparación de las alternativas con respecto a los criterios y el ratio o razón de consistencia, permitiendo así el siguiente paso a seguir.

---

*B. Rediseño de la matriz para la adquisición de la tecnología con los parámetros establecidos de la metodología Saaty*

En esta etapa se realiza una revisión de la matriz establecida por la clínica con el fin de entender cada ítem y familiarizarse con la metodología implementada, la cual se divide en evaluación técnica (ET), evaluación clínica (EC), evaluación económica método de minimización (EF-MIN), evaluación económica método de maximización (EF-MAX) y resultados, adicionalmente, se estableció la estructura básica del proceso analítico jerárquico para la FCN, con el fin de establecer los criterios y alternativas que se utilizaron en la metodología AHP, finalmente, se rediseñó un modelo que permita la evaluación de la tecnología utilizando la metodología SAATY en el programa Excel, incluyendo en esta, la ponderación de los criterios, su vector propio, las matrices de comparación de las alternativas con respecto a los criterios y el ratio o razón de consistencia.

*C. Rediseño de la matriz para la adquisición de la tecnología con los parámetros establecidos de la metodología Saaty*

En esta etapa se realiza una revisión de la matriz establecida por la clínica con el fin de entender cada ítem y familiarizarse con la metodología implementada, la cual se divide en evaluación técnica (ET), evaluación clínica (EC), evaluación económica método de minimización (EF-MIN), evaluación económica método de maximización (EF-MAX) y resultados, adicionalmente, se estableció la estructura básica del proceso analítico jerárquico para la FCN, con el fin de establecer los criterios y alternativas que se utilizaron en la metodología AHP, finalmente, se rediseñó un modelo que permita la evaluación de la tecnología utilizando la metodología SAATY en el programa Excel, incluyendo en esta, la ponderación de los criterios, su vector propio, las matrices de comparación de las alternativas con respecto a los criterios y el ratio o razón de consistencia.

*D. Validación de la matriz*

Se realizó la validación respectiva de la metodología AHP con el asesor externo, donde se explica cómo se implementa y el objetivo de esta.

*E. Realización de indicaciones para la orientación rápida, de la debida implementación de la metodología AHP para la adquisición de tecnología.*

Se realizó un instructivo que permita la orientación paso a paso de la implementación de la metodología Saaty, con el fin de facilitar su uso en la matriz de evaluación para la adquisición de la tecnología biomédica.

*F. Aplicación de la matriz de evaluación rediseñada, para la adquisición de tecnología biomédica en la Fundación Clínica del Norte.*

Puesta en marcha de la matriz de evaluación de tecnología biomédica con la metodología Saaty para la máquina de circulación extracorpórea, con el fin de evaluar la confiabilidad de la matriz y la metodología AHP.

---

## V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Actualmente, en la Fundación Clínica del Norte (FCN), el área de Ingeniería Biomédica utiliza una matriz de evaluación para la adquisición de tecnología biomédica, la cuál es llamada como “Evaluación para la adquisición de tecnologías en salud”, esta matriz permite realizar diferentes evaluaciones referentes a las necesidades de la clínica con la tecnología biomédica a evaluar, como se muestra en la tabla I.

TABLA I.  
ÍTEMS DE LA MATRIZ EVALUACIÓN EN LA FCN

Ítem	Abreviatura	Definición
<b>Instructivo</b>	Instructivo	Permite observar la explicación de cada ítem y cómo se debe ingresar los datos en cada uno.
<b>Formulario</b>	Formulario	Proporciona el ingreso de la información del área que solicita la tecnología biomédica, descripción de la tecnología, motivo por el cual se genera la necesidad de adquisición, características, requerimientos específicos, necesidad de la adquisición, uso de la tecnología e información del proyecto.
<b>Evaluación técnica</b>	ET	Proceso donde se analizan las especificaciones técnicas de la tecnología biomédica, tales como requerimientos físicos, eléctricos, funcionales, entre otros, que se ajuste a las necesidades de la clínica y la seguridad de esta [5].
<b>Evaluación clínica</b>	EC	Se requiere del personal asistencial el cual manipulará la tecnología y el que dará su punto de vista referente al cumplimiento de las características y necesidades, experiencia, estado de la tecnología, alarmas, facilidad del manejo adaptabilidad, entre otros [5].
<b>Evaluación económica por minimización</b>	EF-MIN	Permite realizar una comparación entre precios de las diversas tecnologías a evaluar. Los costos que se incluyen en esta evaluación los del equipo, mantenimiento, calibración y/o consumibles, según se requiera.
<b>Evaluación económica por maximización</b>	EF-MAX	En esta etapa, se contempla el tiempo en el que la clínica puede recuperar la inversión de la tecnología a evaluar y cuál es la ganancia de esta durante la vida útil, utilizando los ingresos, los egresos, el valor neto, PB, VAN, TIR y porcentaje de retorno de inversión, si la tecnología a evaluar lo permite.
<b>Resultados</b>	Resultados	Este ítem da a conocer un resumen de todos los porcentajes dados en las calificaciones de cada evaluación realizada con respecto a las tecnologías evaluadas, con el fin de observar cual cumple con mayor porcentaje y así poder elegir la tecnología con mayor calificación y cumplimiento, para la adquisición de esta.

Nota: Explicación de los diferentes ítems de la Evaluación para la adquisición de tecnologías en salud.

Luego de entender y conocer como es el funcionamiento de la “Evaluación para la adquisición de tecnologías en salud” de la clínica, se procede a revisar la metodología Saaty, la cual fue fundada por el profesor Thomas Saaty, también nombrada “proceso de análisis jerárquico” y sus siglas en inglés AHP (Analytic Hierarchy Process). Esta metodología contribuye con la toma de decisiones basándose en fundamentos psicológicos, matemáticos y contrastes empíricos, que permite realizar evaluaciones con referencia a los criterios establecidos y la importancia de cada uno de ellos, continuando con la evaluación de las alternativas con respecto a cada criterio, dando como resultado un ranking o jerarquización de las ponderaciones con respecto a las alternativas [13]. A continuación, en la fig.8 se puede observar la estructura básica de la metodología Saaty, la cual permite ver cuáles son los criterios y las alternativas por utilizar y evaluar.

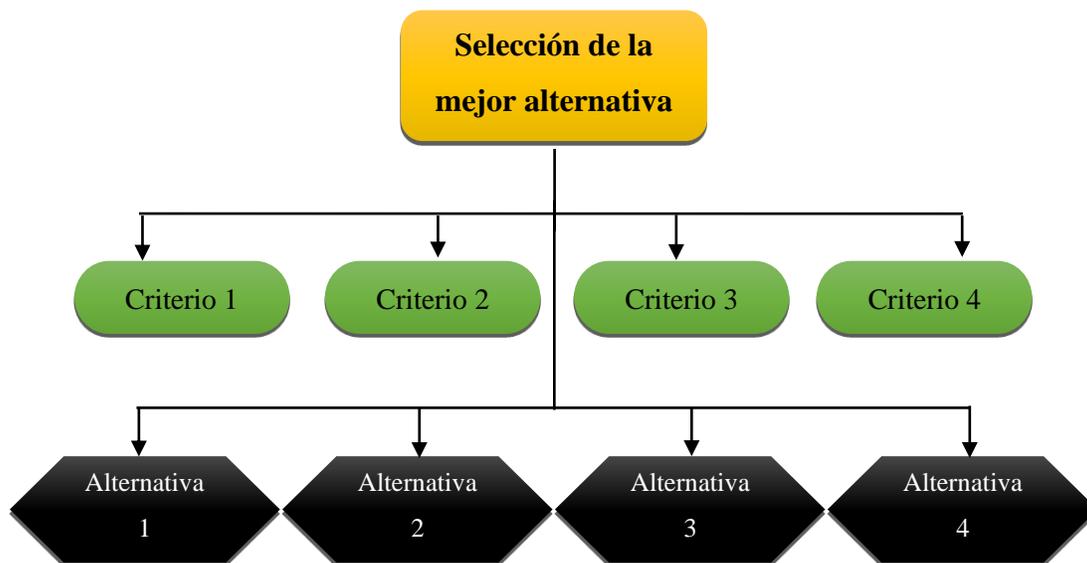


Fig. 8. Estructura básica de la metodología Saaty.

Como la mente humana no está diseñada para realizar comparaciones globales, para relacionar y realizar comparaciones pares, Saaty propone las comparaciones pareadas, que permite darle una calificación según la importancia que exista entre los diferentes pares a comparar, en la tabla II se puede ver la escala numérica, la escala verbal y la explicación de las comparaciones pareadas [18].

TABLA II.  
COMPARACIONES PAREADAS DE AHP

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual importancia	Ambos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio.
3	Moderadamente más importante un elemento que otro	Un elemento es favorecido un poco respecto al otro en cuanto a la experiencia y el juicio.
5	Fuertemente más importante un elemento que otro	Un elemento es favorecido fuertemente respecto al otro en cuanto a la experiencia y el juicio.
7	Mucho más fuerte la importancia de un elemento que otro	Un elemento domina fuertemente respecto al otro, esta está probada en práctica.
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro	Un elemento domina extremadamente respecto al otro, probada en la evidencia de la más alta medida.

Nota: Escala numérica de las comparaciones pareadas de Saaty [19].

Los fundamentos matemáticos que se utiliza en AHP, permite elegir la mejor alternativa donde se utiliza la reciprocidad, homogeneidad y consistencia, lo que se evidencia en la tabla III [18].

TABLA III.  
FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS DE AHP

Reciprocidad	Homogeneidad	Consistencia
Si $a_{ij} = x$ , entonces si $a_{ji} = 1/x$ , con $1/9 \leq x \leq 9$ .	Si los elementos $i$ y $j$ son considerados igualmente importantes, entonces $a_{ij} = a_{ji} = 1$ , además, $a_{ii} = 1$ para todo $i$ .	Se satisface que $a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij}$ , para todo $1 \leq i, j, k \leq 9$ .

Nota: Fundamentos matemáticos de Saaty [18].

Aquellas aplicaciones donde se utiliza el proceso analítico jerárquico se conocen como contrastes empíricos, algunos de estos ejemplos se pueden observar en la fig.9 [19].



Fig. 9. Contrastes empíricos de la metodología Saaty.

Luego, en la AHP, se realiza una comparación entre los mismos criterios para así encontrar el vector prioridad o ponderación de los criterios, este vector se utiliza en la parte final para encontrar el resultado buscado, como se observa en la fig.10.

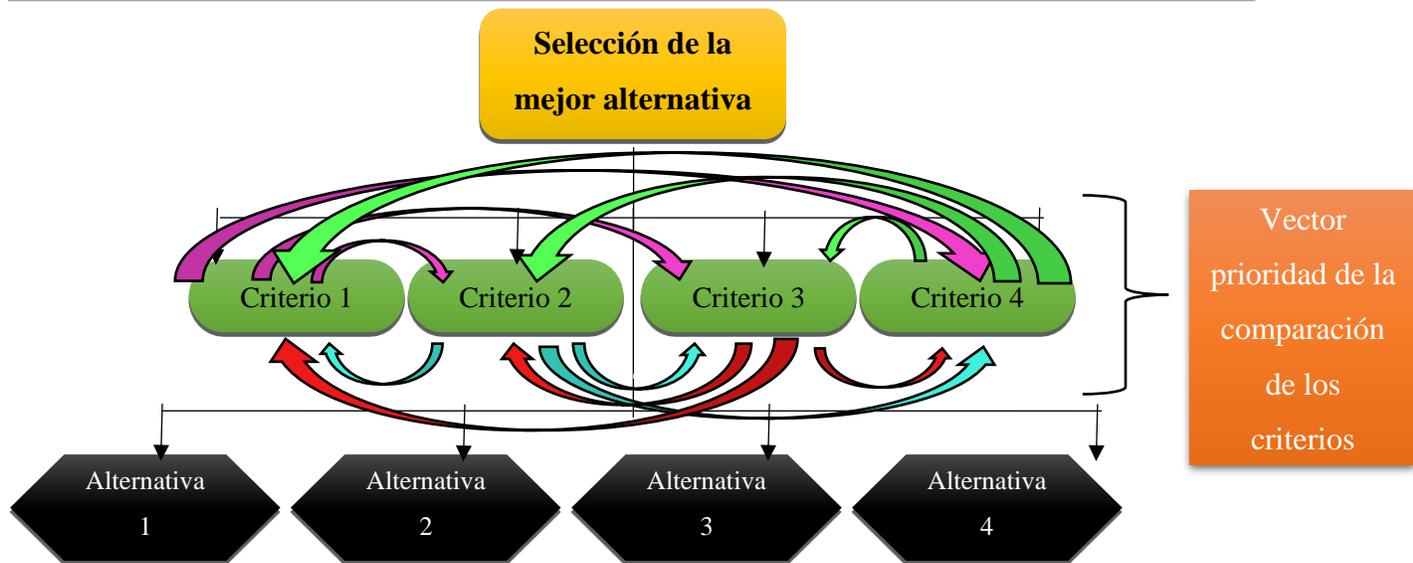


Fig. 10. Comparación entre criterios la metodología Saaty.

Adicionalmente, se realiza la misma comparación, pero entre las alternativas respecto a cada criterio y similarmente se encuentra el vector prioridad en cada comparación, como se observa en la fig.11.

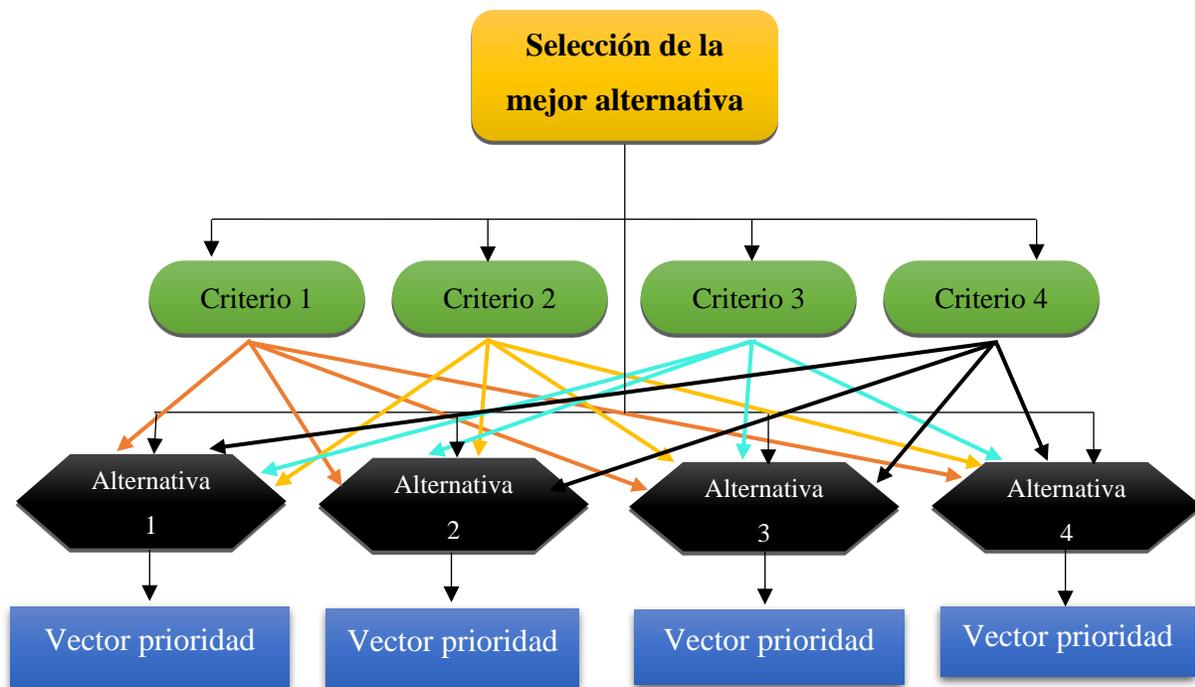


Fig. 11. Comparación de las alternativas con respecto a los criterios la metodología Saaty.

Posteriormente, se realiza una matriz con los vectores prioridad de cada comparación entre las alternativas con respecto a cada criterio y se multiplica por el vector prioridad de la comparación de criterios, como se observa en la fig.12.

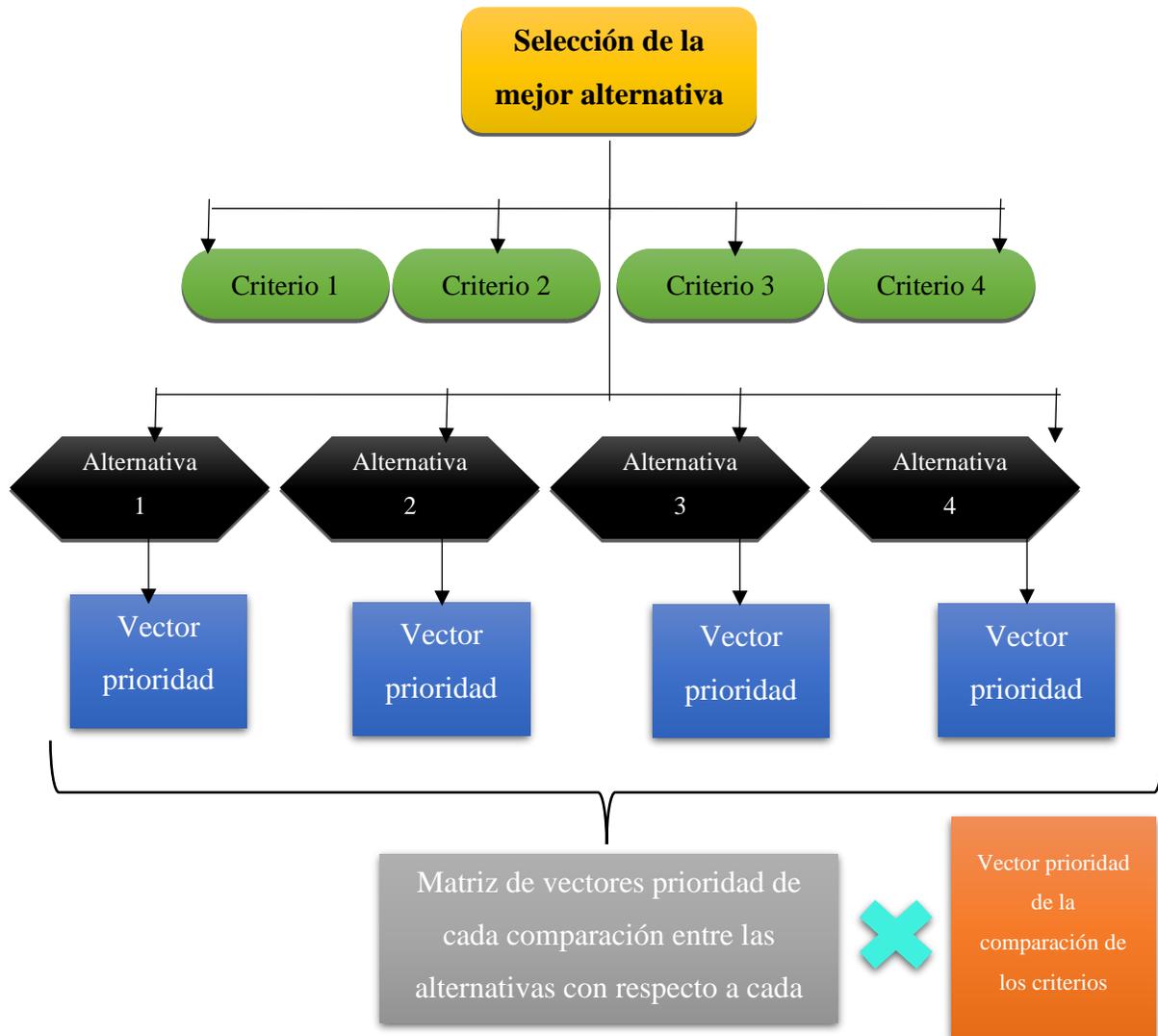


Fig. 12. Multiplicación entre la matriz con los vectores prioridad de cada comparación entre las alternativas con respecto a cada criterio y el vector prioridad de la comparación de criterios.

Los resultados obtenidos por la multiplicación entre la matriz con los vectores prioridad de cada comparación entre las alternativas con respecto a cada criterio y el vector prioridad de la comparación de criterios, son en con base a las alternativas, como se observa en la fig.13, en donde, a mayor sea el número, mayor es la importancia de la alternativa.



Fig. 13. Resultado de Multiplicación entre la matriz con los vectores prioridad de cada comparación entre las alternativas con respecto a cada criterio y el vector prioridad de la comparación de criterios.

Finalmente, se tiene el ratio, medida o razón de consistencia (CR), el cual permite evaluar la consistencia de la primera matriz (en la que se realiza la comparación entre los mismos criterios), esta indica si la consistencia es aceptable o no [7], los valores dados por el CR están entre 0 y 1, donde  $CR=0$  es consistente y si  $CR=1$  es no consistente, por lo tanto, para que la matriz sea consistente, entonces  $CR \leq 0,1$  y para ello, se realiza el procedimiento que se observa en la fig. 14.

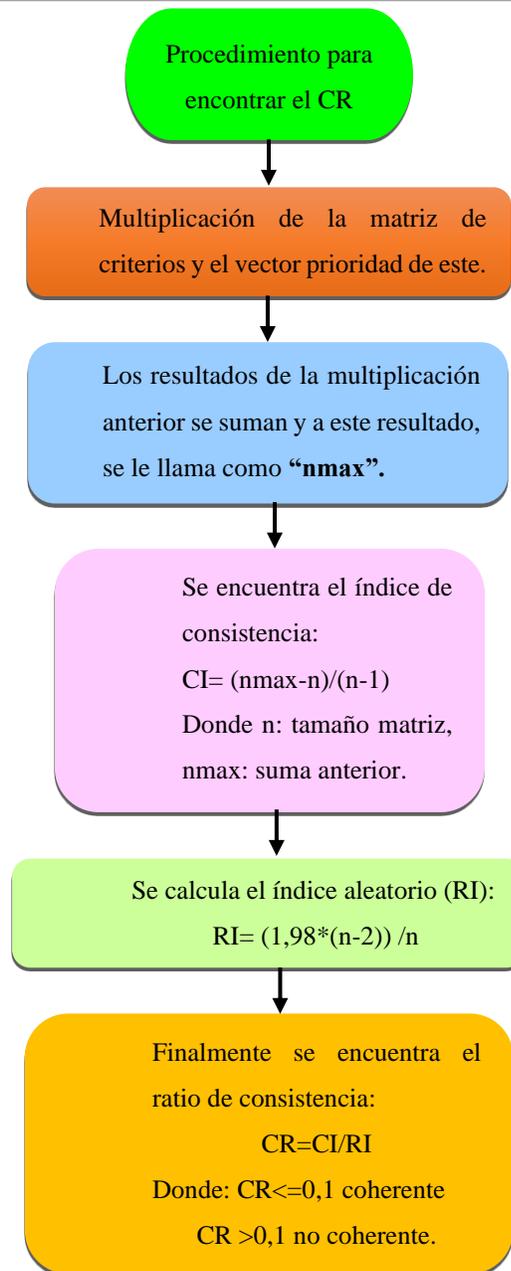


Fig. 14. Procedimiento para el ratio de consistencia (CR).

Luego de revisar la metodología Saaty y obtener su resumen, se pasó a rediseñar la matriz para la adquisición de tecnología biomédica de la FCN, con los parámetros establecidos de la metodología Saaty, para ello se establece la estructura básica que se implementó en la FCN, la cual se muestra en la fig.15.

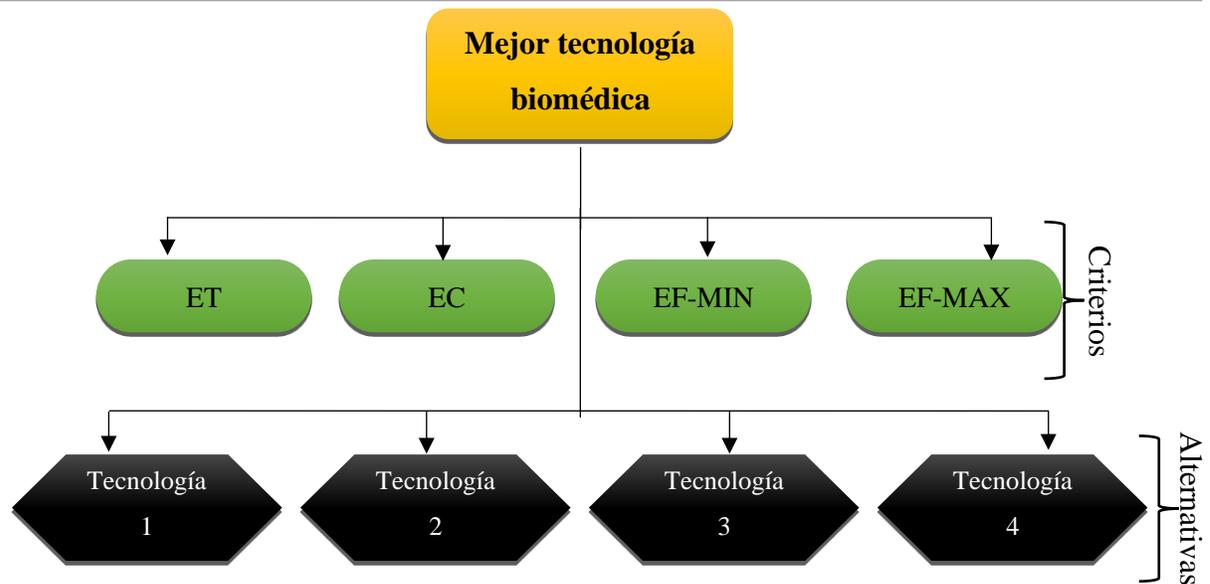


Fig. 15. Estructura básica de AHP que se implementó en la FCN.

La estructura básica permite conocer cuáles son los criterios y las alternativas para así proceder con la metodología, en primer lugar, se realizó la comparación entre criterios, donde se obtiene la matriz de comparación de criterios y el vector prioridad de esta, partiendo de la tabla de resultados donde se resume la evaluación realizada anteriormente, se tiene la importancia para cada criterio, como se observa en la fig.16, fig.17 y fig.18.

		EVALUACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍAS EN SALUD					
		Código: F-GAD-IC-GT-030	Versión: 001	Fecha de aprobación: 29-04-2021			
RESULTADOS FINALES							
ID	TECNOLOGÍA EVALUADA	% DE IMPORTANCIA	0	0	0	0	TOTAL %
1	Evaluación clínica	30%	#!DIV/0!	#!DIV/0!	#!DIV/0!	#!DIV/0!	#!DIV/0!
2	Evaluación técnica	50%	#!DIV/0!	#!DIV/0!	#!DIV/0!	#!DIV/0!	#!DIV/0!
3	Evaluación económica por minimización	20%	#!DIV/0!	#!DIV/0!	#!DIV/0!	#!DIV/0!	#!DIV/0!
4	Evaluación económica por maximización	0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0%
	Evaluación ética, social y organizacional	0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0%
TOTAL			#!DIV/0!	#!DIV/0!	#!DIV/0!	#!DIV/0!	

Fig. 16. Matriz de resultados donde se resume el porcentaje de las evaluaciones realizadas por la FCN.

Matriz de comparación de criterios				
	Evaluación técnica	Evaluación clínica	Evaluación económica por minimización	Evaluación económica por maximización
Evaluación técnica	1.0000	1.6667	2.5000	1.0000
Evaluación clínica	0.6000	1.0000	1.5000	1.0000
Evaluación económica por minimización	0.4000	0.6667	1.0000	1.0000
Evaluación económica por maximización	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Total suma columnas	3.0000	4.3333	6.0000	4.0000

$50/30=1.6667$

Fig. 17. Matriz de comparación de criterios.

Los valores de la matriz de comparación de criterios, se obtiene realizando la división del porcentaje de importancia del criterio de la tabla de resultados, por ejemplo, evaluación técnica vs evaluación clínica, se tiene entonces la división de  $50/30=1.6667$ , y así consecutivamente se realiza la comparación entre criterios.

Matriz de criterios normalizada				
	Evaluación técnica	Evaluación clínica	Evaluación económica por minimización	Evaluación económica por maximización
Evaluación técnica	0.3333	0.3846	0.4167	0.2500
Evaluación clínica	0.2000	0.2308	0.2500	0.2500
Evaluación económica por minimización	0.1333	0.1538	0.1667	0.2500
Evaluación económica por maximización	0.3333	0.2308	0.1667	0.2500

Criterio	Vector de prioridad
Evaluación técnica	0.3462
Evaluación clínica	0.2327
Evaluación económica por minimización	0.1760
Evaluación económica por maximización	0.2452

$1.000/3.000=0.3333$       **PROMEDIO (0.3333;0.3846;0.4167;0.2500)**

Fig. 18. Matriz de comparación de criterios normalizada y vector propio de la matriz.

Para encontrar el vector prioridad de la matriz, es necesario normalizar la matriz de criterios, se realiza una suma de los valores en cada columna de la matriz de criterios y ese resultado divide a cada valor de las columnas de la matriz de criterios, de esta manera se tiene la matriz de criterios normalizada, luego, se obtiene el promedio de cada fila de la matriz normalizada, teniendo como resultado el vector prioridad de la matriz de criterios. Por ejemplo, se tiene que en la matriz de la fig.16 en la ubicación 1,1 el valor es de 1.000, el total de la suma de esa columna es de 3.000,

entonces se realiza la división entre  $1.000/3.000=0.333$  que es el valor de la posición 1,1 de la matriz de criterios normalizada de la fig.18, luego, se realiza el promedio de la primera fila de la matriz de criterios normalizada de la fig.18 y así se obtiene el primer valor del vector prioridad. Este procedimiento se realiza continuamente, hasta obtener todos los valores del vector prioridad de la matriz de criterios, este vector es muy importante porque se utiliza al finalizar el procedimiento.

Luego, se obtiene la etapa de comparación de las alternativas (tecnologías a evaluar) en función de los criterios, donde se realiza nuevamente una matriz de comparación, la normalización de esta matriz y finalmente se encuentra el vector prioridad, pero esta vez se realiza en función de los criterios, es decir en función de la evaluación técnica, evaluación clínica, evaluación económica por minimización, evaluación económica por maximización, cada uno por separado, por ejemplo, para la matriz alternativa en función de la evaluación técnica (criterio 1), se utilizan los valores de la tabla de resultados donde en la fila de la evaluación técnica, se divide el valor de la posición 2,2 que es referente a la tecnología 1 y, se divide por el valor de la posición 2,3 que es referente a la tecnología 2, como se muestra en la fig.19, luego, se realiza consecutivamente la división entre el valor de la tecnología 1 para la evaluación técnica y el resto de las tecnologías, posteriormente, se hace la división de la tecnología 2 y el resto de las tecnologías, de esta manera se obtiene los valores de la matriz alternativa en función de la evaluación técnica, como se observa en la fig.20.

En la evaluación técnica, la tecnología de color verde divide la de color rosada, luego, la tecnología de color verde divide la de azul, y así sucesivamente, hasta terminar de dividirse las tecnologías de la columna de ET.

		EVALUACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍAS EN SALUD					
		Código: F-GAD-IC-GT-030	Versión: 001	Fecha de aprobación: 29-04-2021			
RESULTADOS FINALES							
Página 1							
ID	TECNOLOGÍA EVALUADA	% DE IMPORTANCIA	0	0	0	0	TOTAL %
1	Evaluación clínica	30%	#[DIV/0!]	#[DIV/0!]	#[DIV/0!]	#[DIV/0!]	#[DIV/0!]
2	Evaluación técnica	50%	#[DIV/0!]	#[DIV/0!]	#[DIV/0!]	#[DIV/0!]	#[DIV/0!]
3	Evaluación económica por minimización	20%	#[DIV/0!]	#[DIV/0!]	#[DIV/0!]	#[DIV/0!]	#[DIV/0!]
4	Evaluación económica por maximización	0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0%
	Evaluación ética, social y organizacional	0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0%
TOTAL			#[DIV/0!]	#[DIV/0!]	#[DIV/0!]	#[DIV/0!]	

Fig. 19. Matriz de resultados de la matriz de evaluación de la FCN, donde se señala el valor de la posición 2,2 que es referente a la tecnología 1 y, se divide por el valor de la posición 2,3 que es referente a la tecnología 2

Matriz alternativa en función de la evaluación técnica (Criterio 1)				
	Tecnología 1: 0	Tecnología 2: 0	Tecnología 3: 0	Tecnología 4: 0
Tecnología 1: 0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tecnología 2: 0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tecnología 3: 0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tecnología 4: Jan-00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Total suma columnas:	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Matriz alternativa en función de la evaluación técnica (Criterio 1) normalizada				
	Tecnología 1: 0	Tecnología 2: 0	Tecnología 3: Jan-00	Tecnología 4: 0
Tecnología 1: 0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tecnología 2: 0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tecnología 3: 0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tecnología 4: Jan-00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Tecnología	Vector prioridad
Tecnología 1: 0	#DIV/0!
Tecnología 2: 0	#DIV/0!
Tecnología 3: Jan-00	#DIV/0!
Tecnología 4: Jan-00	#DIV/0!

Fig. 20. Matriz alternativa en función de la evaluación técnica, matriz normalizada y vector propio de la matriz en función del criterio 1.

Sucesivamente, se realiza la matriz en función de cada criterio, la matriz normalizada y el vector propio de cada matriz, como se observa en las fig.21, fig.22, fig.23.

Matriz alternativa en función de la evaluación clínica (Criterio 2)				
	Tecnología 1: 0	Tecnología 2: 0	Tecnología 3: 0	Tecnología 4: 0
Tecnología 1: 0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tecnología 2: 0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tecnología 3: Jan-00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tecnología 4: Jan-00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Total suma columnas:	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Matriz alternativa en función de la evaluación clínica (Criterio 2) normalizada				
	Tecnología 1: 0	Tecnología 2: 0	Tecnología 3: 0	Tecnología 4: 0
Tecnología 1: 0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tecnología 2: 0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tecnología 3: 0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tecnología 4: 0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Proveedor	Vector prioridad
Tecnología 1: 0	#DIV/0!
Tecnología 2: 0	#DIV/0!
Tecnología 3: 0	#DIV/0!
Tecnología 4: 0	#DIV/0!

Fig. 21. Matriz alternativa en función de la evaluación clínica, matriz normalizada y vector propio de la matriz en función del criterio 2.

Matriz alternativa en función de la evaluación económica por minimización (Criterio 3)								
	Tecnología 1:	0	Tecnología 2:	0	Tecnología 3:	0	Tecnología 4:	0
Tecnología 1:	0	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
Tecnología 2:	0	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
Tecnología 3:	0	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
Tecnología 4:	0	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
Total suma columnas:		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

Matriz alternativa en función de la evaluación económica por minimización (Criterio 3) normalizada								
	Tecnología 1:	0	Tecnología 2:	0	Tecnología 3:	0	Tecnología 4:	0
Tecnología 1:	0	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
Tecnología 2:	0	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
Tecnología 3:	0	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
Tecnología 4:	0	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

Proveedor	Vector prioridad	
Tecnología 1:	0	#¡DIV/0!
Tecnología 2:	0	#¡DIV/0!
Tecnología 3:	0	#¡DIV/0!
Tecnología 4:	0	#¡DIV/0!

Fig. 22. Matriz alternativa en función de la EF-MIN, matriz normalizada y vector propio de la matriz en función del criterio 3.

Matriz alternativa en función de la evaluación económica por maximización (Criterio 4)								
	Tecnología 1:	0	Tecnología 2:	0	Tecnología 3:	0	Tecnología 4:	0
Tecnología 1:	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Tecnología 2:	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Tecnología 3:	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Tecnología 4:	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Total suma columnas:		4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000

Matriz alternativa en función de la evaluación económica por maximización (Criterio 4) normalizada								
	Tecnología 1:	0	Tecnología 2:	0	Tecnología 3:	0	Tecnología 4:	0
Tecnología 1:	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Tecnología 2:	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Tecnología 3:	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Tecnología 4:	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Proveedor	Vector prioridad	
Tecnología 1:	0	0.0000
Tecnología 2:	0	0.0000
Tecnología 3:	0	0.0000
Tecnología 4:	0	0.0000

Fig. 23. Matriz alternativa en función de la EF-MAX, matriz normalizada y vector propio de la matriz en función del criterio 4.

Posteriormente, se reúnen todos los vectores prioridad de las matrices alternativas y se forma una matriz de estos vectores, la cual se multiplica por el vector prioridad de la matriz de criterios que se observa en la fig.23, los resultados de esta multiplicación indica el peso de cada alternativa (tecnología biomédica) con respecto a los criterios (ET, EC, EF-MIN, EF-MAX), permitiendo observar la mejor en función de los 4 criterios, como se observa en la fig.24, teniendo en cuenta que entre mayor sea el resultado, mejor es la alternativa en función a los 4 criterios.

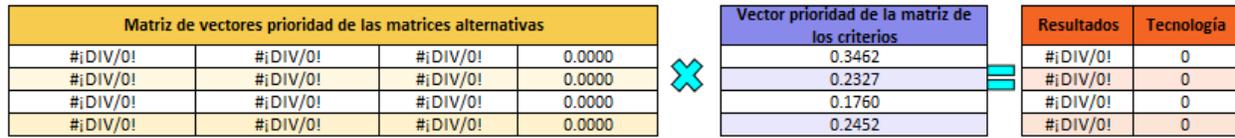


Fig. 24. Multiplicación de la matriz de los vectores prioridad de las matrices alternativas con el vector prioridad de la matriz de criterios.

Con los resultados anteriores se realiza un ranking o jerarquización, permitiendo observar mejor los resultados, tanto gráficamente como en posición, como se observa en la fig.25.

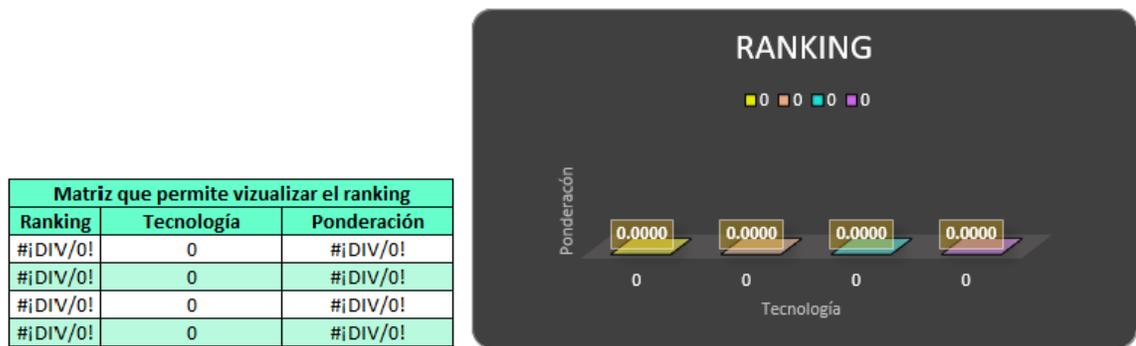


Fig. 25. Ranking o jerarquización de los resultados.

Finalmente, se realizan los cálculos para obtener el ratio o razón de consistencia, con el fin de saber si la información introducida en la matriz de comparación de criterios, es coherente o no, en caso tal de que no sea coherente, se recomienda cambiar los porcentajes de importancia como se observa en la fig.26, lo que indica, revisar la tabla de resultados y los porcentajes obtenidos por cada evaluación, es decir, revisar nuevamente las evaluaciones realizadas anteriormente a esta metodología.

A) Resultado coherente.

Mcritérios * ponderación		
1.4191	$CI=(nmax-n)/(n-1)$	0.02778
0.9495	$RI=1,98*(n-2)/n$	0.99000
0.7147	$CR=CI/RI$	0.02806
1.0000		
nmax:	4.0833	

**Coherente** Confiable

B) Resultado no coherente.

Mcritérios * ponderación		
1.4191	$CI=(nmax-n)/(n-1)$	10000.00000
0.9495	$RI=1,98*(n-2)/n$	0.99000
0.7147	$CR=CI/RI$	10101.01010
1.0000		
nmax:	4.0833	

**No coherente** Se recomienda cambiar los porcentajes de importancia

Fig. 26. Cálculo de la razón de consistencia, A) Resultado coherente, B) Resultado no coherente (CR).

Posterior a esto se realizó la validación respectiva de la metodología AHP con el asesor externo, donde se explica cómo se implementa y el objetivo que es contribuir con la evaluación de la coherencia de los porcentajes de importancia, con respecto a la elección de tecnología biomédica y así aumentar la confiabilidad al momento de decidir por una tecnología.

Para la la orientación paso a paso de la implementación de la metodología Saaty, se realizó un instructivo que se encuentra incorporado en la matriz de evaluación de la FCN, con el nombre de “INSTRUCTIVO AHP”, se explica cada etapa de la metodología AHP, empezando por el método AHP, comparación entre criterios (matriz comparación entre criterios, matriz de criterios normalizada y vector prioridad de la matriz de criterios, como se puede observar en la fig.27, seguido de la comparación de las alternativas en función de los criterios (matriz alternativa en función de la ET, EC, EF-MIN, EF-MAX, matriz alternativa en función de los criterios normalizada y los vectores prioridad de cada una de estas), como se puede observar en la fig.28, seguido de la multiplicación de la matriz de los vectores prioridad con el vector de ponderación de criterios, ver fig.29, posteriormente, el ranking o jerarquización de los resultados, ver fig.30 y, finalmente la razón de consistencia (CR), ver fig.31.

	MÉTODO AHP PARA LA TOMA DE DECISIÓN CON RESPECTO AL PROVEEDOR		
	Código:	Versión:	Fecha de aprobación:
ITEM	ESPECIFICACIONES		ENCARGADO
MÉTODO AHP	El proceso analítico jerárquico, conocido por sus siglas en inglés AHP (analytic hierarchy process), fue originario por el profesor Thomas Saaty, el cual permite contribuir con la toma de decisiones en las empresas, basándose en los fundamentos psicológicos, matemáticos y contrastes empíricos.		
MATRIZ COMPARACIÓN ENTRE CRITERIOS	COMPARACIÓN ENTRE CRITERIOS Como la toma de decisión de basa en la función de criterios, entonces en esta etapa es importante realizar una comparación de la importancia entre criterios y así obtener el vector de ponderación, el cual se utiliza para la respuesta final. En esta etapa se utiliza la tabla de "Resultados" que se		
MATRIZ DE CRITERIOS NORMALIZADA	Para la normalización se realiza una suma de los valores en cada columna de la matriz de criterios, para luego sacar un promedio de cada fila de esta matriz y así obtener el vector prioridad.		
VECTOR PRIORIDAD DE LA MATRIZ DE CRITERIOS	Indica que los 4 criterios tienen su importancia, siendo diferente entre sí, entre mayor sea el valor, mayor es su importancia.		

Fig. 27. Instructivo de la metodología Saaty.

COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE LOS CRITERIOS	
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA (CRITERIO 1)	Se realiza una comparación de la importancia entre las alternativas, en este caso hace referencia a las tecnologías a evaluar respecto al primer criterio 1 (evaluación técnica).
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA (CRITERIO 1) NORMALIZADA	Para la normalización se realiza una suma de los valores en cada columna de la matriz de criterios, para luego sacar un promedio de cada fila de esta matriz y así obtener el vector prioridad.
VECTOR PRIORIDAD DE LA MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA (CRITERIO 1)	Indica que las 4 alternativas, es decir, las tecnologías a evaluar, tienen su importancia respecto al criterio 1 (evaluación técnica), siendo diferente entre sí, entre mayor sea el valor, mayor es su importancia.
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN CLÍNICA (CRITERIO 2)	Se realiza una comparación de la importancia entre las alternativas, en este caso hace referencia a las tecnologías a evaluar respecto al primer criterio 2 (evaluación clínica).
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN CLÍNICA (CRITERIO 2) NORMALIZADA	Para la normalización se realiza una suma de los valores en cada columna de la matriz de criterios, para luego sacar un promedio de cada fila de esta matriz y así obtener el vector prioridad.
VECTOR PRIORIDAD DE LA MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN CLÍNICA (CRITERIO 2)	Indica que las 4 alternativas, es decir, las tecnologías a evaluar, tienen su importancia respecto al criterio 2 (evaluación clínica), siendo diferente entre sí, entre mayor sea el valor, mayor es su importancia.

MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA POR MINIMIZACIÓN (CRITERIO 3)	Se realiza una comparación de la importancia entre las alternativas, en este caso hace referencia a las tecnologías a evaluar respecto al primer criterio 3 (evaluación económica por minimización).
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA POR MINIMIZACIÓN (CRITERIO 3) NORMALIZADA	Para la normalización se realiza una suma de los valores en cada columna de la matriz de criterios, para luego sacar un promedio de cada fila de esta matriz y así obtener el vector prioridad.
VECTOR PRIORIDAD DE LA MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA POR MINIMIZACIÓN (CRITERIO 3)	Indica que las 4 alternativas, es decir, las tecnologías a evaluar, tienen su importancia respecto al criterio 3 (evaluación económica por minimización), siendo diferente entre sí, entre mayor sea el valor, mayor es su importancia.
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA POR MAXIMIZACIÓN (CRITERIO 4)	Se realiza una comparación de la importancia entre las alternativas, en este caso hace referencia a las tecnologías a evaluar respecto al primer criterio 4 (evaluación económica por maximización).
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA POR MAXIMIZACIÓN (CRITERIO 4) NORMALIZADA	Para la normalización se realiza una suma de los valores en cada columna de la matriz de criterios, para luego sacar un promedio de cada fila de esta matriz y así obtener el vector prioridad.
VECTOR PRIORIDAD DE LA MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA POR MAXIMIZACIÓN (CRITERIO 4)	Indica que las 4 alternativas, es decir, las tecnologías a evaluar, tienen su importancia respecto al criterio 4 (evaluación económica por maximización), siendo diferente entre sí, entre mayor sea el valor, mayor es su importancia.

Fig. 28. Instructivo de la metodología Saaty.

MULTIPLICACIÓN DE LA MATRIZ DE LOS VECTORES PRIORIDAD CON LA PONDERACIÓN DE CRITERIOS	
MATRIZ DE VECTORES PRIORIDAD DE LAS MATRICES ALTERNATIVAS.	Se realiza una matriz con los vectores propios de cada alternativa, ya que más adelante se multiplicaran con la ponderación de criterios, con el fin de obtener el resultado esperado.
MULTIPLICACIÓN CON EL VECTOR PRIORIDAD DE LA MATRIZ DE CRITERIOS	Como se desea tomar una desición en función a los 4 criterios y en función a la importancia de los criterios, para ello se multiplican la matriz de vectores propios de las altertanivas y la ponderación de criterios.
MARIZ DE RESULTADOS	Indica el peso de cada alternativa (tecnologías a evaluar) y por tanto permite elegir la mejor en función de los 4 criterios (evaluación técnica, clínica, económica por manimización y maximización), entre mayor sea el valor, mayor es su importancia y mejor es la alternativa (tecnooología a evaluar).

Fig. 29. Instructivo de la metodología Saaty.

RANKING DE MEJOR A LA NO MEJOR OPCIÓN	
MATRIZ QUE PERMITE VIZUALIZAR EL RANKING	Se realiza el ranking con los valores obtenidos de la matriz de resultados, el cual permite elegir de mayor a menor valor en la ponderación indicando cuál es el mejor tecnología, siendo el número 1 en el ranking. Adicionalmente, es posible observarlos datos anteriores en la gráfica del ranking.

Fig. 30. Instructivo de la metodología Saaty.

RAZÓN DE CONSISTENCIA (CR)	
RAZÓN DE CONSISTENCIA (CR)	Se basa en la relación entre el índice de consistencia (CI) y el índice de consistencia aleatorio (RI), el cual permite conocer si los porcentajes de importancia elegidos y obtenidos en la matriz de comparación de criterios son coherentes o no. Para que sea choerente, como se evalua una matriz 4*4, el CR debe se menor que 0,1 ( $CR < 0,1$ ) por lo tanto los valores ingresados son confiables, en caso contrario, se recomienda cambiar en la tabla de "Resultados" los porcentajes obtenidos y/o ingresados.

Fig. 31. Instructivo de la metodología Saaty.

Luego de el rediseño de la matriz con la metodología AHP, se realizó la implementación de esta con la máquina de circulación extracorpórea, realizando cada ítem de la matriz de evaluación, donde inicialmente se hace el llenado del formulario especificando que es un equipo biomédico, un DM y un equipo quirúrgico, adicionalmente, se explica que la necesidad de la adquisición es por un evento adverso serio, se explica también, los requerimientos y las características de la tecnología, entre otros. En la evaluación técnica, se ingresó a evaluar la máquina de circulación extracorpórea de la tecnología System 1 de Terumo (proveedor ARROW), HL20 de Maquet (proveedor BIMEDCO) y S5 PRO de Stocker (proveedor LivaNova), se evaluaron 26 ítems, de los cuales, la tecnología que mayor porcentaje de cumplimiento tuvo fue S5

PRO de Stocker (20.23 %), seguido de System 1 de Terumo (17.98%) y finalmente, HL20 de Maquet (11.80%), como se puede observar en la matriz de la fig.32.

ID	TECNOLOGÍA EVALUADA	PUNTUACIÓN EVALUACIÓN TÉCNICA	%
1	System 1	96	17.9775%
2	HL20	63	11.7978%
3	S5 PRO	108	20.2247%
4	0	0	0.0000%

Fig. 32. Resultados de la evaluación técnica para las máquinas de circulación extracorpóreas de los diversos proveedores.

Luego, se realiza la evaluación clínica, donde se tiene en cuenta los criterios de la persona profesional a manejar la máquina, se evalúa cada ítem de la evaluación clínica, en el que se observa una similitud en todas las tecnologías evaluadas de casi del 10%, pero S5 PRO de LivaNova presenta un cumplimiento del 11%, por lo que es la ganadora de este ítem, ver fig.27.

ID	TECNOLOGÍA EVALUADA	PUNTUACIÓN EVALUACIÓN	%
1	System 1	54	10%
2	HL20	51	9%
3	S5 PRO	58	11%
4	0	0	0%

Fig. 33. Resultados de la evaluación clínica para las máquinas de circulación extracorpóreas de los diversos proveedores.

Con el fin de comparar costos durante la vida útil de las tecnologías a evaluar, como la inversión inicial, costos de mantenimiento, costos de consumibles, se realiza la EF-MIN, se tiene como resultado de esta evaluación que la tecnología S5 PRO del proveedor LivaNova presenta una calificación mayor en la evaluación económica por minimización, dado que el costo total del equipo es menor que el del resto (\$ 723.484.639), adicionalmente, los costos de los consumibles (562.799.926) son menores en comparación a los otros dos proveedores (ARROW y BIMEDCO), ver fig.34.

ID	TECNOLOGÍA EVALUADA	PUNTUACIÓN EVALUACIÓN ECONÓMICA	CALIFICACIÓN
1	System 1	11	3.4375%
2	HL20	7	2.1875%
3	S5 PRO	14	4.3750%
4	0	0	0.0000%

Fig. 34. Resultados de la evaluación económica por minimización para las máquinas de circulación extracorpóreas de los diversos proveedores.

Teniendo en cuenta que la inversión de la máquina de circulación extracorpórea se puede recuperar por medio de procedimientos realizados en la clínica (156 al año) durante la vida útil de la tecnología, con un costo de aproximadamente \$ 34.500.000 (incluyendo los consumibles del paciente), se realiza la EF-MAX, con el fin de obtener el periodo de recuperación de la inversión, rentabilidad de la tecnología y el porcentaje del retorno de inversión, se tiene entonces que, la tecnología S5 PRO de LivaNova es con quien se recupera más rápido la inversión en 1.15 años, es decir en aproximadamente 1 año y un mes, teniendo en cuenta que se realizan acerca de 12 procedimientos por mes, adicionalmente, se tiene una ganancia de \$52.280.547.308 en la vida útil del equipo que son 10 años, lo que indica que posee una mayor rentabilidad que las demás tecnologías evaluadas, luego, posee una tasa interna de los recursos invertidos en el proyecto de 6,65%, la cual es mayor que las demás, lo que reafirma que el proyecto es rentable y, finalmente, posee un retorno de inversión del 66.54%, como el porcentaje es positivo, indica que se generó ganancias de aproximadamente 66 veces la inversión, siendo esta, mayor que las demás tecnologías evaluadas, ver fig.35.

EQUIPOS EVALUADOS				
EQUIPOS EVALUADOS	PERIODO DE RECUPERACIÓN (años)	VAN	TIR	% RETORNO DE INVERSIÓN
System 1	1.209	\$50,146,391,470.80	4.7830	47.8295%
HL20	1.367	\$44,553,366,612.94	2.7222	27.2220%
S5 PRO	1.150	\$52,280,547,308.00	6.6542	66.5421%
0	0.000	\$0.00	0.0000	0.0000%

Fig. 35. Resultados de la evaluación económica por maximización para las máquinas de circulación extracorpóreas de los diversos proveedores.

En la fig.36 se tiene el resumen de los porcentajes resultantes en cada evaluación para las diferentes tecnologías evaluadas.

RESULTADOS FINALES							
ID	TECNOLOGÍA EVALUADA	% DE IMPORTANCIA	System 1	HL20	S5 PRO	0	TOTAL %
1	Evaluación clínica	30%	9.9%	9.4%	10.7%	0.0%	30%
2	Evaluación técnica	50%	18.0%	11.8%	20.2%	0.0%	50%
3	Evaluación económica por minimización	10%	3.4%	2.2%	4.4%	0.0%	10%
4	Evaluación económica por maximización	10%	4.8%	2.7%	6.7%	0.0%	14%
	Evaluación ética, social y organizacional	0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0%
TOTAL			36.1%	26.1%	41.9%	0.0%	

Fig. 36. Matriz de resultados de las diferentes evaluaciones realizadas para las máquinas de circulación extracorpóreas de los diversos proveedores.

Para corroborar la coherencia y los resultados obtenidos, se realizó la metodología AHP, con los resultados de la fig.37, obteniendo como mayor ponderación (0.2255) la tecnología S5 PRO de LivaNova, seguido de System 1 de ARROW y finalizando la HL20 de BIMEDCO, lo que confirma que la tecnología S5 PRO de LivaNova es quien gana la evaluación y la que se recomienda adquirir, lo que se muestra en la fig.37.

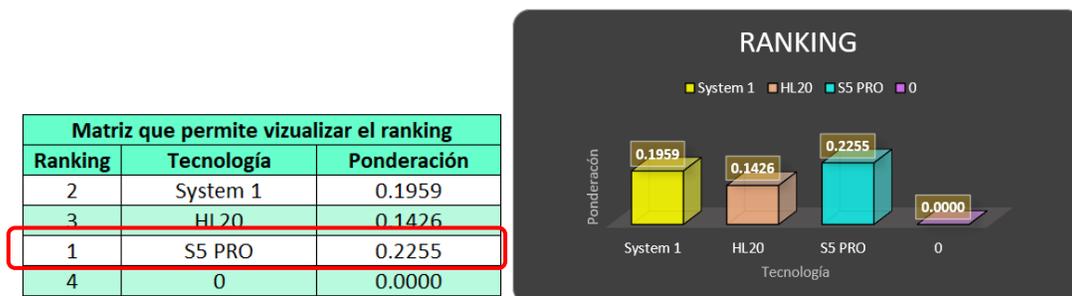


Fig. 37. Ranking o jerarquización de los resultados de la metodología AHP.

Finalmente, el ratio de consistencia, indica que la información introducida en la metodología AHP y en la matriz de adquisición de tecnología biomédica, es coherente, por lo tanto, es confiable, ver fig.38.

Mcriteros * ponderación		
2.0000	$CI=(nmax-n)/(n-1)$	0.00000
1.2000	$RI=1,98*(n-2)/n$	0.99000
0.4000	$CR=CI/RI$	0.00000
0.4000		<b>Coherente</b>
nmax:	4.0000	Confiable

Fig. 38. Resultado de la razón de consistencia (CR).

---

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La matriz de evaluación que se utiliza en la Fundación Clínica del Norte posee cuatro divisiones las cuales posibilita el análisis ecuánime e imparcial, donde se tiene en cuenta las ofertas de los proveedores, la calidad de las diversas tecnologías biomédicas a evaluar, comparación entre costos, periodo de retorno de inversión según sea el caso. Se recomienda modificar los porcentajes de importancia en las diversas evaluaciones, con el fin de acomodar estas a las necesidades de la clínica, seleccionando algunas áreas del comité de tecnovigilancia, y poder ponderar el porcentaje de importancias.
- De la metodología Saaty contribuye con la coherencia de los porcentajes de importancia con los que se realiza la evaluación de cada tecnología y la confiabilidad de esta, sirviendo como apoyo para la toma de decisiones con respecto a la elección de tecnología biomédica. Adicionalmente, se recomienda automatizar el paso a paso de la metodología Saaty y la evaluación que se realizó con anterioridad a esta metodología, con el fin de mejorar la observación de los resultados e incrementar la facilidad del análisis.
- La recolección de las ofertas de los diversos proveedores es complicada, pues algunos proveedores a la hora de enviar las ofertas, les hace falta algunos datos los cuales son importantes para realizar las diversas evaluaciones, se ha evidenciado datos como el registro INVIMA, fichas técnicas, costos de mantenimientos post garantía, calibración post garantía y/o consumibles (según sea el caso), y muchas veces, en el ítem faltante de esta información se califica como deficiente, adicionalmente, mientras se intenta contactar nuevamente al proveedor para adquirir la información faltante, se retrasa la evaluación, prologando el tiempo de terminación de esta y aumentando el agotamiento del evaluador, por lo que se recomienda utilizar herramientas digitales para la recopilación de las ofertas, cotizaciones y toda la información necesaria para realizar la evaluación de la tecnología ofertada, como por ejemplo la herramienta Bionexo, la cual permite una participación online tanto de los proveedores como de los compradores, agilizando así, la recopilación de las ofertas y la evaluación de la tecnología biomédica por parte de la IPS.

- La realización del instructivo AHP, contribuye con la exposición detallada del proceso analítico jerárquico, de cada una de las etapas, lo que facilita el entendimiento del uso de esta herramienta, puesto que sin importar quien realice el proceso de evaluación incluyendo esta metodología, pueda realizarla objetivamente, fácilmente, y apoyarse en esta para la toma de decisiones con respecto a la adquisición de la tecnología biomédica.
- La puesta en marcha de la matriz de evaluación para la adquisición de tecnología biomédica, donde se evaluó la máquina de circulación extracorpórea, da el consentimiento de que la matriz de evaluación junto con la metodología AHP y el instructivo de este, es beneficioso para alcanzar resultados competentes de la evaluación, al confirmar que la tecnología con mayor porcentaje de evaluación es la misma que en la metodología AHP y el ratio de consistencia obtenido es coherente, indicando que la evaluación es confiable

## REFERENCIAS

- [1] T. Torres Fernandez, L. Guerra Giménez, z, A. Ordás González, O. Salas San Juan, L. M Sánchez Padilla. “Desarrollo científico y tecnológico. Su impacto en la Atención Primaria de Salud”. *Escuela Latinoamericana de Medicina*. 2018, [En línea]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/cubaysalud/pcs-2018/pcs183n.pdf>
- [2] J. E. Valencia, R. Manrique, “Evaluación de tecnologías en salud”. *CES Medicina*. 2004;18(2):81-86. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4804615.pdf>
- [3] K. J. Salazar Flórez, S. Botero Botero, C. N. Jiménez Hernández, “Adquisición de tecnología biomédica en IPS colombianas: comparación y mejores prácticas”, *scielo.org*. 2016, [En línea]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1657-70272016000200088](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-70272016000200088)
- [4] Fundación Clínica del Norte. LinkedIn. [En línea]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/company/fundacion-clinica-del-norte/>
- [5] M. Carvajal Tejada1, C. G. Ruiz Ibañez, “Evaluación técnica y clínica de tecnología biomédica en procesos de adquisición: un enfoque en evaluación de tecnologías en salud”, *scielo.org*. 2008, [En línea]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-97622008000200006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622008000200006)
- [6] Ministerio de protección social, “Decreto número 4725 de 2005”, *who.int*, [En línea]. Disponible en: [https://www.who.int/medical\\_devices/survey\\_resources/health\\_technology\\_national\\_policy\\_colombia.pdf](https://www.who.int/medical_devices/survey_resources/health_technology_national_policy_colombia.pdf).
- [7] Organización Panamericana de la Salud, “Dispositivos médicos”, *paho.org*, [En línea]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/dispositivos-medicos>
- [8] Organización Mundial de la Salud, “Introducción al programa de mantenimiento de equipos biomédicos”, *who.int*, [En línea]. Disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44830/9789243501536\\_spa.pdf;jsessionid=1AD7013EC2BC83E24B4A89BE685D8659?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44830/9789243501536_spa.pdf;jsessionid=1AD7013EC2BC83E24B4A89BE685D8659?sequence=1)
- [9] K. J. Salazar Florez, S. Botero Botero, C. N. Jimenez Hernandez, “Panorama y desafíos de la gestión de tecnología biomédica en Colombia”, *altec2015*. 2015, [En línea]. Disponible en: <http://altec2015.nitec.co/altec/papers/363.pdf>
- [10] B. M. Puello Villamiza, “Caracterización del proceso de la gestión tecnológica en los equipos biomédicos disponibles en el servicio de cirugía de una institución de salud de alta complejidad de bucaramanga”, *repositorio.udes*. 2019, [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.udes.edu.co/bitstream/001/4379/1/Caracterizaci%C3%B3n%20del%20proceso%20de%20la%20gesti%C3%B3n%20tecnol%C3%B3gica%20en%20los%20equipos%20biom%C3%A9dicos%20disponibles%20en%20el%20servicio%20de%20cirug%C3%ADa%20de%20una%20instituci%C3%B3n%20de%20salud%20d.pdf>

- 
- [11] Salazar. K, Botero. S, Jiménez. C. “Panorama y desafíos de la gestión de tecnología biomédica en Colombia”. *Altec*. 2015. [En línea]. Disponible en: <http://altec2015.nitec.co/altec/papers/363.pdf>
- [12] Universidad de Guadalajara. “Toma de decisiones”. *cutonala*. [En línea]. Disponible en: [cutonala.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/toma\\_de\\_decisiones\\_0.pdf](http://cutonala.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/toma_de_decisiones_0.pdf)
- [13] T. Hurtado, G. Bruno. “Capítulo III, Proceso de análisis jerárquico (AHP)”. *sisbib*. [En línea]. Disponible en: [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano\\_hg/cap3.PDF](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano_hg/cap3.PDF)
- [14] G. T. Huamaní Huamaní, R. Eyzaguirre Tejada. “Modelo de aplicación de ahp para seleccionar editor de contenidos de objetos de aprendizaje (modelo PAJOA – ECOA)”. *redalyc*. 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81643819015.pdf>
- [15] T. Hurtado, G. Bruno. “Capítulo IV, Aplicación de AHP en la selección del proveedor de suministros para la empresa gráfica comercial MyE S.R.L”. *sisbib*. [En línea]. Disponible en: [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano\\_hg/cap4.PDF](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano_hg/cap4.PDF)
- [16] S. A. Díaz Baez. Universidad Santo Tomas. “Modelo multicriterio (AHP) para la priorización predial en procesos de reconversión productiva en el Páramo de Chingaza”. *repository*. 2020. [En línea]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/jspui/bitstream/11634/33178/1/2021sergiodiaz.pdf>
- [17] J. J. Rúa Muñoz, Z. Herrera Fontalvo. Universidad de la Costa. “Diseño de un modelo multicriterio para la evaluación del riesgo de ocurrencia de eventos adversos en las E.S.E. Hospitales de los municipios del Atlántico”. *repository*. 2017. [En línea]. Disponible en: [https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/336/1047349138\\_1047349301%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/336/1047349138_1047349301%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [18] J. C. Osorio Gómez, J. P Orejuela Cabrera, Universidad Tecnológica de Pereira. “El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. ejemplo de aplicación”. *redalyc*. 2008. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920503044.pdf>
- [19] J. M. Moreno Jiménez, Universidad de Zaragoza, “El proceso analítico jerárquico (AHP). fundamentos, metodología y aplicaciones”. *Users*. [En línea]. Disponible en: [https://users.dcc.uchile.cl/~nbaloian/DSS-DCC/ExplicacionMetodoAHP\(ve%20rpaginas11-16\).pdf](https://users.dcc.uchile.cl/~nbaloian/DSS-DCC/ExplicacionMetodoAHP(ve%20rpaginas11-16).pdf)

## ANEXOS

## Anexo 1. Formulario realizado para la máquina de circulación extracorpórea.

EVALUACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍAS EN SALUD			
	Código: F-GAD-IC-GT-030	Versión: 001	Fecha de aprobación: 29-04-2021
Fecha de solicitud (DD/MM/AAA):			
<b>DATOS DEL ÁREA QUE SOLICITA</b>			
<b>Servicio / Departamento:</b>	Cirugía.		
<b>Proceso:</b>	Cardiología.		
<b>DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA SOLICITADA</b>			
<b>Marque la tecnología solicitada</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> Equipo Biomédico <input checked="" type="checkbox"/> Dispositivo Médico <input checked="" type="checkbox"/> Equipo Quirúrgico <input type="checkbox"/> Telecomunicaciones e Informática <input type="checkbox"/> Infraestructura <input type="checkbox"/> Otros			
<b>Marque la necesidad de la tecnología requerida</b>			
<i>(En caso de ser renovación por daño parcial o total, anexas acta de baja)</i>			
<input type="checkbox"/> Apertura de Servicios <input type="checkbox"/> Renovación por Obsolescencia <input checked="" type="checkbox"/> Renovación por Daño Parcial o Total <input type="checkbox"/> Otros ¿Cuáles?			
<b>En caso de seleccionar la casilla "otros", describa por que motivo se genera la necesidad:</b>			
<b>Nombre de la tecnología solicitada.</b> <i>(Se debe nombrar bajo la denominación internacional).</i>		Máquina de circulación extracorpórea.	
<b>Características de la tecnología requerida:</b> <i>(Describe las características específicas de la tecnología).</i>		Permite en una cirugía a corazón abierto, la circulación sanguínea con el corazón detenido, cumpliendo con el funcionamiento del corazón y a oxigenación de los pulmones.	
<b>Requerimientos específicos de la tecnología:</b> <i>(Describe requerimientos específicos de la tecnología es decir: software, hardware, aplicaciones y funciones).</i>		Se requiere múltiples pantallas (en caso de que falle alguna no fallen todas). Respuesta del equipo de manera manual, neumática o hidráulica, en caso de algún fallo circuital o eléctrico y batería de larga duración.	
<b>Necesidad de la adquisición:</b> <i>(Describe la necesidad que se pretende satisfacer teniendo en cuenta que tan importante es para la prestación del servicio).</i>		Se evidenció evento adverso serio con el equipo presente en la clínica, la puesta en marcha del equipo se paró en medio de la cirugía y tano la batería como la conexión a la red eléctrica no logró encender el equipo.	
<b>Uso que se le dará a la tecnología:</b> <i>(Describe el uso y la aplicación que se le dará a la tecnología).</i>		Regulación de la velocidad y cantidad de la sangre al retornar al cuerpo, incluyendo la oxigenación, temperatura, nivel de iones, glucosa y anticoagulación, en cirugías de corazón abierto.	
<b>¿La tecnología requerida es para cumplimiento de estándares de dotación? :</b>		<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	
<b>En caso de que la respuesta anterior sea sí, explique cuáles:</b>			
<b>INFORMACIÓN DEL PROYECTO</b>			
<b>Nombre del proyecto con que pretende adquirir la tecnología:</b>		Programa de cardiología.	
<b>Servicio para el que se destinará la tecnología:</b>		Cirugía.	
<b>¿Presupuesto aprobado?</b> <i>(En caso de contar con presupuesto para el proyecto indique el valor):</i>		<input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO	\$
<b>Indique los porcentajes de importancia que le dará a cada tipo de evaluación</b>			
<b>TIPO DE EVALUACIÓN</b>		<b>PORCENTAJE DE IMPORTANCIA</b>	
Evaluación clínica		30%	
Evaluación técnica		50%	
Evaluación económica por minimización		10%	
Evaluación económica por maximización		10%	
Evaluación ética, social y organizacional		0%	
<b>TOTAL PORCENTAJE EVALUADO</b>		<b>100%</b>	
Ingresar Datos del proveedor		Ingresar Evaluacion Tecnica	
Ingresar Evaluacion Clinica		Ingresar Evaluacion Financiera	

**Anexo 2.** Evaluación técnica realizada para la máquina de circulación extracorpórea.

		EVALUACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍAS EN SALUD							
		Código: F-GAD-IC-GT-030		Versión: 001		Fecha de aprobación: 29-04-2021			
EVALUACIÓN CLÍNICA									
ID	NOMBRE	TECNOLOGÍA EVALUADA							
		System 1	Observaciones	HL20	Observaciones	S5 PRO	Observaciones	0	Observaciones
1	Cumplimiento de la necesidad.	Alta		Alta		Muy Alta		No Aplica	
2	Visibilidad de controles.	Alta		Moderada		Muy Alta		No Aplica	
3	Facilidad para comprender y escuchar señales de alarma.	Alta		Alta		Alta		No Aplica	
4	Facilidad de adaptación de la tecnología en el proceso clínico.	Alta		Moderada		Alta		No Aplica	
5	Facilidad de limpieza para futuros usos.	Alta		Alta		Alta		No Aplica	
6	Calidad de la capacitación por parte del proveedor.	Moderada		Moderada		Alta		No Aplica	
7	Posibilidad de interoperabilidad.	Alta		Alta		Alta		No Aplica	
8	Accesorios de fácil conexión, reconocimiento y manejo.	Alta		Moderada		Alta		No Aplica	
9	Facilidad de uso y manejo.	Moderada		Moderada		Alta		No Aplica	
10	Cuenta con bombas de tipo rodillo y centrífuga para lograr la circulación extracorporeal.	Alta		Alta		Alta		No Aplica	
11	Tienen funciones que monitorean la temperatura y la presión del flujo de sangre y ayudan al control del flujo.	Alta		Alta		Alta		No Aplica	
12	Cuenta con configuraciones básicas a complejas, evoluciona a medida que cambian las necesidades del uso.	Alta		Alta		Alta		No Aplica	
13	Medición y cálculo preciso en tiempo real del consumo de oxígeno.	Alta		Alta		Alta		No Aplica	
14	La tecnología adquirida cuenta con evidencia científica o estudios de seguridad.	Alta		Alta		Alta		No Aplica	

ID	NOMBRE	TECNOLOGÍA EVALUADA			
		System 1	HL20	S5 PRO	0
1	# de criterios con calificación "no aplica"	0	0	0	14
2	# de criterios con calificación "muy alta"	0	0	2	0
3	# de criterios con calificación "alta"	12	9	12	0
4	# de criterios con calificación "moderada"	2	5	0	0
5	# de criterios con calificación "mala"	0	0	0	0
6	# de criterios con calificación "deficiente"	0	0	0	0

PUNTUACIÓN	CRITERIO
0	No Aplica
5	Muy Alta
4	Alta
3	Moderada
2	Mala
1	Deficiente

ID	TECNOLOGÍA EVALUADA	PUNTUACIÓN EVALUAC	%
1	System 1	54	10%
2	HL20	51	9%
3	S5 PRO	58	11%
4	0	0	0%

**Anexo 3.** Evaluación clínica realizada para la máquina de circulación extracorpórea.

		EVALUACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍAS EN SALUD							
		Código: F-GAD-IC-GT-030	Versión: 001	Fecha de aprobación: 29-04-2021					
EVALUACIÓN TÉCNICA									
Ingresar Equipo									
ID	NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	MARCA DE LA TECNOLOGÍA	MODELO DE LA TECNOLOGÍA		PROVEEDOR				
1	Máquina de circulación extracorpórea	Terumo	System 1		ARROW				
2	Máquina de circulación extracorpórea HL20	Maquet	HL20		BIMEDCO				
3	Máquina de circulación extracorpórea Stockert S5	Stockert	S5 PRO		LivaNova				
4									
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS / SERVICIOS COMPLEMENTARIO									
ID	NOMBRE	TECNOLOGÍA EVALUADA							
		System 1	Observaciones	HL20	Observaciones	S5 PRO	Observaciones	0	Observaciones
1	SISTEMA DE CONTROL	Muy Alta	Mediante la pantalla	Alta	Medición precisa de	Muy Alta	Módulos de visualizac		
2	PANTALLA	Muy Alta	Touch Screen, alta res	Alta	Una pantalla plana p	Alta	5 pantallas		
3	GIROS	Alta	180°	Muy Alta	250°	Muy Alta	180° y 240°		
4	DIMENSIONES	Alta	Alto: 81,3 cm, ancho:	Deficiente	No se menciona	Muy Alta	Altura: 64 cm, ancho 1		
5	PESO	Alta	89,8 kg	Deficiente	No se menciona	Alta	89.5 kg		
6	MODOS DE USO	Alta	Operación On Line (g	Deficiente	No se menciona	Deficiente	No se menciona		
7	FLUJO	Deficiente	No se menciona	Deficiente	No se menciona	Deficiente	No se menciona		
8	CALIBRACIÓN	Muy Alta	Junto con los manten	Deficiente	No se menciona	Deficiente	No se menciona		
9	BATERÍA	Alta	60 min mínimo	Alta	Sistema automático	Muy Alta	Asegura una batería d		
10	MÓDULOS	Muy Alta	Hasta 18 módulos de	Deficiente	No se menciona	Alta	Panel con 3, 4 o 6 mód		
11	MODO DE VISUALIZACIÓN Y MANDO	Deficiente	No encontrado	Deficiente	No se menciona	Muy Alta	Controlado por un mic		
12	CONTROL DE PRESIÓN	Deficiente	No encontrado	Deficiente	No se menciona	Muy Alta	Transductor Medex cc		
13	ALARMAS	Muy Alta	Alarmas visual, auditi	Muy Alta	Los errores se indica	Muy Alta	Alarmas los eventos q		
14	SENSOR DE NIVEL	Alta	Sensor en circuito os	Deficiente	No se menciona	Muy Alta	Sensor basado en ond		
15	CONTROL DE CARDIOPLEJIA	Muy Alta	La función Master/fo	Deficiente	No se menciona	Alta	Rango de medición de		
16	SENSOR B CARE 5	Deficiente	No se menciona	Deficiente	No se menciona	Mala	Sensor en línea		
17	MEZCLADOR DE GAS	Alta	El mezclador electrón	Deficiente	No se menciona	Muy Alta	Permite la utilizacion d		
18	SISTEMA CENTRIFUGA	Muy Alta	El Sistema admite has	Alta	El sistema de bomba	Alta	Cono pequeño, segur		
19	VIDA ÚTIL	Muy Alta	10 años	Muy Alta	10 años	Muy Alta	10 años		
20	GARANTÍA	Alta	12 meses (1 año)	Alta	12 meses (1 año)	Muy Alta	24 meses (2 años)		
21	MANUTENIMIENTOS INCLUIDOS	Alta	1 cada 6 meses, dura	Alta	2 visitas durante la g	Muy Alta	3 Mantenimientos pre		
22	REGISTRO INVIMA	Deficiente	No se menciona	Mala	RESOLUCIÓN No. 20	Muy Alta	RESOLUCIÓN No. 202		
23	ACCESORIOS INCLUIDOS	Muy Alta	Acompañamiento para b	Alta	Kit de paneles metál	Alta	Kit de paneles metálic		
24	DISPONIBILIDAD DE SOPORTE TÉCNICO EN LA	Deficiente	No se menciona	Deficiente	No se menciona	Muy Alta	Los tiempos de		
25	CAPACITACIONES Y ACOMPAÑAMIENTO	Alta	1 vez	Alta	Por 1 día	Muy Alta	Mínimo de 3 hasta 5 d		
27	PRESIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN	Muy Alta	Rango: (-250) mmHg	Deficiente	No se menciona	Alta	Rango: -200 mmHg a 4		
VALIDACIÓN DE DATOS									
ID	NOMBRE	TECNOLOGÍA EVALUADA							
		System 1	HL20	S5 PRO	0				
1	# de criterios evaluados	26	26	26	26				
2	# de criterios con calificación "no aplica"	0	0	0	0				
3	# de criterios con calificación "muy alta"	10	3	15	0				
4	# de criterios con calificación "alta"	10	8	7	0				
5	# de criterios con calificación "moderara"	0	0	0	0				
6	# de criterios con calificación "mala"	0	1	1	0				
7	# de criterios con calificación "deficiente"	6	14	3	0				
ID	TECNOLOGÍA EVALUADA	PUNTUACIÓN EVALUACIÓN TÉCNICA	%						
1	System 1	96	17.9775%						
2	HL20	63	11.7978%						
3	S5 PRO	108	20.2247%						
4	0	0	0.0000%						

**Anexo 4. Evaluación EF-MIN realizada para la máquina de circulación extracorpórea.**

		EVALUACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍAS EN SALUD												Versión: 001		Fecha de aprobación: 29-04-2021	
		Código: F-GAD-IC-GT-030															
EVALUACIÓN ECONÓMICA MÉTODO DE MINIMIZACIÓN																	
En estas etapas se contempla el valor de la compra del equipo, depreciación, valorización y mantenimiento, esto con el fin de realizar una evaluación económica, con pautas que permitan elegir objetiva y sistemáticamente la mejor opción de un grupo de soluciones a cierta necesidad.																	
FORMULARIO DE ANÁLISIS FINANCIERO PARA LA ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍA POR MÉTODO DE MINIMIZACIÓN																	
TECNOLOGÍA EVALUADA																	
Año	System 1				HL20				S5 PRO				0				
	Costo del equipo	Costo de mantenimiento	Costo calibración	Costo consumibles	Costo del equipo	Costo de mantenimiento	Costo calibración	Costo consumibles	Costo del equipo	Costo de mantenimiento	Costo calibración	Costo consumibles	Costo del equipo	Costo de mantenimiento	Costo calibración	Costo consumibles	
0	\$ 810,550,000.00				\$ 942,331,512.06				\$ 723,484,639.00				\$ -				
1	\$ 17,850,000.00	\$ -	\$ -	\$ 238,446,000.00	\$ 22,500,000.00	\$ -	\$ -	\$ 734,254,716.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 52,178,914.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
2	\$ 18,148,095.00	\$ -	\$ -	\$ 242,428,048.20	\$ 22,875,750.00	\$ -	\$ -	\$ 746,516,769.76	\$ 22,000,000.00	\$ -	\$ -	\$ 53,050,301.86	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
3	\$ 18,451,168.19	\$ -	\$ -	\$ 246,476,596.60	\$ 23,257,775.03	\$ -	\$ -	\$ 758,983,599.81	\$ 22,367,400.00	\$ -	\$ -	\$ 53,936,241.90	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
4	\$ 18,759,302.70	\$ -	\$ -	\$ 250,592,755.77	\$ 23,646,179.87	\$ -	\$ -	\$ 771,658,625.93	\$ 22,740,935.58	\$ -	\$ -	\$ 54,836,977.14	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
5	\$ 19,072,583.05	\$ -	\$ -	\$ 254,777,654.79	\$ 24,041,071.07	\$ -	\$ -	\$ 784,545,324.98	\$ 23,120,709.20	\$ -	\$ -	\$ 55,752,754.66	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
6	\$ 19,391,095.19	\$ -	\$ -	\$ 259,032,441.62	\$ 24,442,556.96	\$ -	\$ -	\$ 797,647,231.91	\$ 23,506,825.05	\$ -	\$ -	\$ 56,683,825.67	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
7	\$ 19,714,926.48	\$ -	\$ -	\$ 263,358,283.40	\$ 24,850,747.66	\$ -	\$ -	\$ 810,967,940.68	\$ 23,899,385.03	\$ -	\$ -	\$ 57,630,445.55	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
8	\$ 20,044,165.75	\$ -	\$ -	\$ 267,756,366.73	\$ 25,265,755.15	\$ -	\$ -	\$ 824,511,105.29	\$ 24,298,508.82	\$ -	\$ -	\$ 58,592,874.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
9	\$ 20,378,903.32	\$ -	\$ -	\$ 272,227,898.06	\$ 25,687,693.26	\$ -	\$ -	\$ 838,280,640.75	\$ 24,704,393.52	\$ -	\$ -	\$ 59,571,374.99	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
10	\$ 20,719,231.00	\$ -	\$ -	\$ 276,774,103.95	\$ 26,116,677.03	\$ -	\$ -	\$ 852,279,724.11	\$ 25,116,855.63	\$ -	\$ -	\$ 60,566,216.95	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 810,550,000.00</b>	<b>\$ 192,529,470.66</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 2,571,870,149.13</b>	<b>\$ 942,331,512.06</b>	<b>\$ 247,684,206.72</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 7,919,645,479.22</b>	<b>\$ 723,484,639.00</b>	<b>\$ 211,754,917.23</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 562,799,926.74</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	
<b>CALIFICACIÓN</b>	Moderada	Muy Alta	No Aplica	Moderada	Mala	Moderada	No Aplica	Mala	Muy Alta	Alta	No Aplica	Muy Alta	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	
		<b>\$ 3,574,949,619.79</b>				<b>\$ 9,104,661,198.00</b>				<b>\$ 1,498,039,482.97</b>				<b>\$ 0.00</b>			
Procedimientos por año: <input type="text" value="156"/>																	
ID	NOMBRE	TECNOLOGÍA EVALUADA															
		System 1	HL20	S5 PRO	0												
1	# de criterios con calificación "no aplica"	1	1	1	4												
2	# de criterios con calificación "muy alta"	1	0	2	0												
3	# de criterios con calificación "alta"	0	0	1	0												
4	# de criterios con calificación "moderada"	2	1	0	0												
5	# de criterios con calificación "mala"	0	2	0	0												
6	# de criterios con calificación "deficiente"	0	0	0	0												

CRITERIO	PUNTAJACIÓN
No Aplica	0
Muy Alta	5
Alta	4
Moderada	3
Mala	2
Deficiente	1

ID	TECNOLOGÍA EVALUADA	PUNTAJACIÓN EVALUACIÓN ECONÓMICA	CALIFICACIÓN
1	System 1	11	3.4375%
2	HL20	7	2.1875%
3	S5 PRO	14	4.3750%
4	0	0	0.0000%

**Anexo 5. Evaluación EF-MAX realizada para la máquina de circulación extracorpórea.**

		EVALUACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍAS EN SALUD														
		Código: F-GAD-IC-GT-030				Versión: 001				Fecha de aprobación: 29-04-2021						
<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA MÉTODO DE MAXIMIZACIÓN</b>																
En estas etapas se contempla el valor de la compra del equipo, depreciación, valorización y mantenimiento, esto con el fin de realizar una evaluación económica, con pautas que permitan elegir objetiva y sistemáticamente la mejor opción de un grupo de soluciones a cierta necesidad.																
<b>FORMULARIO DE ANÁLISIS FINANCIERO PARA LA ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍA POR MÉTODO DE MAXIMIZACIÓN</b>																
ITEM	EGRESOS	TECNOLOGÍA EVALUADA														
		System 1			HL20			SS PRO			0					
1	Inversión inicial	\$	833,550,000	\$	942,333,512	\$	723,486,638	\$	-	\$	-	\$	-			
2	Costos de mantenimiento [anual]	\$	17,850,000	\$	22,500,000	\$	22,000,000	\$	-	\$	-	\$	-			
3	Costos de póliza de seguro [anual]															
4	Costo metrológica [anual]															
5	Costo consumibles por procedimiento (año)	\$	242,428,048	\$	734,254,716	\$	52,178,914	\$	-	\$	-	\$	-			
6																
7																
8																
9																
<b>TOTAL EGRESOS</b>		<b>\$</b>	<b>1,070,828,048</b>	<b>\$</b>	<b>1,699,086,228</b>	<b>\$</b>	<b>797,663,553</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>			
ITEM	INGRESOS	TECNOLOGÍA EVALUADA														
		System 1			HL20			SS PRO			0					
1	Procedimientos por años (L/min)		156		156		156									
2	Precio del procedimiento	\$	34,500,000	\$	34,500,000	\$	34,500,000	\$	-	\$	-	\$	-			
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>\$</b>	<b>5,382,000,000</b>	<b>\$</b>	<b>5,382,000,000</b>	<b>\$</b>	<b>5,382,000,000</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>	<b>\$</b>	<b>-</b>			
<b>FLUJO DE CAJA PROYECTO</b>																
AÑO	System 1				HL20				SS PRO				0			
	INGRESOS	EGRESOS	NETO	PB (Sin T Oportunidad)	INGRESOS	EGRESOS	NETO	PB (Sin T Oportunidad)	INGRESOS	EGRESOS	NETO	PB (Sin T Oportunidad)	INGRESOS	EGRESOS	NETO	PB (Sin T Oportunidad)
0	\$ -	\$ 1,070,828,048	\$ 1,070,828,048	\$ 1,070,828,048	\$ -	\$ 1,699,086,228.06	\$ 1,699,086,228.06	\$ 1,699,086,228.06	\$ -	\$ 797,663,553.00	\$ 797,663,553.00	\$ 797,663,553.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1	\$ 5,382,000,000	\$ 280,278,048	\$ 5,121,721,952	\$ 4,050,893,904	\$ 5,382,000,000	\$ 756,754,716.00	\$ 4,625,245,284.00	\$ 2,926,159,095.94	\$ 5,382,000,000	\$ 74,178,914.00	\$ 5,307,821,086.00	\$ 4,510,157,533.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2	\$ 5,382,000,000	\$ 280,278,048	\$ 5,121,721,952	\$ 4,172,615,855	\$ 5,382,000,000	\$ 756,754,716.00	\$ 4,625,245,284.00	\$ 2,951,404,339.94	\$ 5,382,000,000	\$ 74,178,914.00	\$ 5,307,821,086.00	\$ 4,611,978,619.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3	\$ 5,382,000,000	\$ 280,278,048	\$ 5,121,721,952	\$ 4,248,337,807	\$ 5,382,000,000	\$ 756,754,716.00	\$ 4,625,245,284.00	\$ 2,976,649,623.94	\$ 5,382,000,000	\$ 74,178,914.00	\$ 5,307,821,086.00	\$ 4,638,197,508.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4	\$ 5,382,000,000	\$ 280,278,048	\$ 5,121,721,952	\$ 4,300,059,759	\$ 5,382,000,000	\$ 756,754,716.00	\$ 4,625,245,284.00	\$ 2,998,904,907.94	\$ 5,382,000,000	\$ 74,178,914.00	\$ 5,307,821,086.00	\$ 4,661,426,792.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5	\$ 5,382,000,000	\$ 280,278,048	\$ 5,121,721,952	\$ 4,339,781,711	\$ 5,382,000,000	\$ 756,754,716.00	\$ 4,625,245,284.00	\$ 3,018,149,191.94	\$ 5,382,000,000	\$ 74,178,914.00	\$ 5,307,821,086.00	\$ 4,679,441,877.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6	\$ 5,382,000,000	\$ 280,278,048	\$ 5,121,721,952	\$ 4,368,503,663	\$ 5,382,000,000	\$ 756,754,716.00	\$ 4,625,245,284.00	\$ 3,034,388,475.94	\$ 5,382,000,000	\$ 74,178,914.00	\$ 5,307,821,086.00	\$ 4,689,262,963.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7	\$ 5,382,000,000	\$ 280,278,048	\$ 5,121,721,952	\$ 4,388,225,614	\$ 5,382,000,000	\$ 756,754,716.00	\$ 4,625,245,284.00	\$ 3,047,630,759.94	\$ 5,382,000,000	\$ 74,178,914.00	\$ 5,307,821,086.00	\$ 4,696,084,049.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8	\$ 5,382,000,000	\$ 280,278,048	\$ 5,121,721,952	\$ 4,400,947,566	\$ 5,382,000,000	\$ 756,754,716.00	\$ 4,625,245,284.00	\$ 3,058,873,043.94	\$ 5,382,000,000	\$ 74,178,914.00	\$ 5,307,821,086.00	\$ 4,701,295,135.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9	\$ 5,382,000,000	\$ 280,278,048	\$ 5,121,721,952	\$ 4,415,669,518	\$ 5,382,000,000	\$ 756,754,716.00	\$ 4,625,245,284.00	\$ 3,068,121,327.94	\$ 5,382,000,000	\$ 74,178,914.00	\$ 5,307,821,086.00	\$ 4,708,506,221.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10	\$ 5,382,000,000	\$ 280,278,048	\$ 5,121,721,952	\$ 4,423,391,470	\$ 5,382,000,000	\$ 756,754,716.00	\$ 4,625,245,284.00	\$ 3,074,366,611.94	\$ 5,382,000,000	\$ 74,178,914.00	\$ 5,307,821,086.00	\$ 4,712,737,307.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>EQUIPOS EVALUADOS</b>																
EQUIPOS EVALUADOS		PERIODO DE RECUPERACIÓN (años)		VAN	TIR	% RETORNO DE INVERSIÓN										
System 1		1.209		\$0.146.981.470.80	4.7830	47.295%										
HL20		1.367		\$44.953.866.612.84	2.7222	27.222%										
FLUJOS NETOS		1.150		\$52.280.547.308.00	6.6542	66.542%										
0		0.000		\$0.00	0.0000	0.000%										

Página 1

## Anexo 6. Instructivo AHP realizado para la metodología Saaty.

	MÉTODO AHP PARA LA TOMA DE DECISIÓN CON RESPECTO AL PROVEEDOR		
	Código:	Versión:	Fecha de aprobación:
ITEM	ESPECIFICACIONES		ENCARGADO
MÉTODO AHP	El proceso analítico jerárquico, conocido por sus siglas en inglés AHP (analytic hierarchy process), fue originario por el profesor Thomas Saaty, el cual permite contribuir con la toma de decisiones en las empresas, basándose en los fundamentos psicológicos, matemáticos y contrastes empíricos.		
<b>COMPARACIÓN ENTRE CRITERIOS</b>			
MATRIZ COMPARACIÓN ENTRE CRITERIOS	Como la toma de decisión de basa en la función de criterios, entonces en esta etapa es importante realizar una comparación de la importancia entre criterios y así obtener el vector de ponderación, el cual se utiliza para la respuesta final. En esta etapa se utiliza la tabla de "Resultados" que se encuentra anteriormente.		
MATRIZ DE CRITERIOS NORMALIZADA	Para la normalización se realiza una suma de los valores en cada columna de la matriz de criterios, para luego sacar un promedio de cada fila de esta matriz y así obtener el vector prioridad.		
VECTOR PRIORIDAD DE LA MATRIZ DE CRITERIOS	Indica que los 4 criterios tienen su importancia, siendo diferente entre sí, entre mayor sea el valor, mayor es su importancia.		
<b>COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE LOS CRITERIOS</b>			
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA (CRITERIO 1)	Se realiza una comparación de la importancia entre las alternativas, en este caso hace referencia a las tecnologías a evaluar respecto al primer criterio 1 (evaluación técnica).		
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA (CRITERIO 1) NORMALIZADA	Para la normalización se realiza una suma de los valores en cada columna de la matriz de criterios, para luego sacar un promedio de cada fila de esta matriz y así obtener el vector prioridad.		
VECTOR PRIORIDAD DE LA MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA (CRITERIO 1)	Indica que las 4 alternativas, es decir, las tecnologías a evaluar, tienen su importancia respecto al criterio 1 (evaluación técnica), siendo diferente entre sí, entre mayor sea el valor, mayor es su importancia.		
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN CLÍNICA (CRITERIO 2)	Se realiza una comparación de la importancia entre las alternativas, en este caso hace referencia a las tecnologías a evaluar respecto al primer criterio 2 (evaluación clínica).		
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN CLÍNICA (CRITERIO 2) NORMALIZADA	Para la normalización se realiza una suma de los valores en cada columna de la matriz de criterios, para luego sacar un promedio de cada fila de esta matriz y así obtener el vector prioridad.		
VECTOR PRIORIDAD DE LA MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN CLÍNICA (CRITERIO 2)	Indica que las 4 alternativas, es decir, las tecnologías a evaluar, tienen su importancia respecto al criterio 2 (evaluación clínica), siendo diferente entre sí, entre mayor sea el valor, mayor es su importancia.		
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA POR MINIMIZACIÓN (CRITERIO 3)	Se realiza una comparación de la importancia entre las alternativas, en este caso hace referencia a las tecnologías a evaluar respecto al primer criterio 3 (evaluación económica por minimización).		
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA POR MINIMIZACIÓN (CRITERIO 3) NORMALIZADA	Para la normalización se realiza una suma de los valores en cada columna de la matriz de criterios, para luego sacar un promedio de cada fila de esta matriz y así obtener el vector prioridad.		
VECTOR PRIORIDAD DE LA MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA POR MINIMIZACIÓN (CRITERIO 3)	Indica que las 4 alternativas, es decir, las tecnologías a evaluar, tienen su importancia respecto al criterio 3 (evaluación económica por minimización), siendo diferente entre sí, entre mayor sea el valor, mayor es su importancia.		
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA POR MAXIMIZACIÓN (CRITERIO 4)	Se realiza una comparación de la importancia entre las alternativas, en este caso hace referencia a las tecnologías a evaluar respecto al primer criterio 4 (evaluación económica por maximización).		
MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA POR MAXIMIZACIÓN (CRITERIO 4) NORMALIZADA	Para la normalización se realiza una suma de los valores en cada columna de la matriz de criterios, para luego sacar un promedio de cada fila de esta matriz y así obtener el vector prioridad.		
VECTOR PRIORIDAD DE LA MATRIZ ALTERNATIVA EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA POR MAXIMIZACIÓN (CRITERIO 4)	Indica que las 4 alternativas, es decir, las tecnologías a evaluar, tienen su importancia respecto al criterio 4 (evaluación económica por maximización), siendo diferente entre sí, entre mayor sea el valor, mayor es su importancia.		
<b>MULTIPLICACIÓN DE LA MATRIZ DE LOS VECTORES PRIORIDAD CON LA PONDERACIÓN DE CRITERIOS</b>			
MATRIZ DE VECTORES PRIORIDAD DE LAS MATRICES ALTERNATIVAS.	Se realiza una matriz con los vectores propios de cada alternativa, ya que más adelante se multiplicaran con la ponderación de criterios, con el fin de obtener el resultado esperado.		
MULTIPLICACIÓN CON EL VECTOR PRIORIDAD DE LA MATRIZ DE CRITERIOS	Como se desea tomar una decisión en función a los 4 criterios y en función a la importancia de los criterios, para ello se multiplican la matriz de vectores propios de las alternativas y la ponderación de criterios.		
MATRIZ DE RESULTADOS	Indica el peso de cada alternativa (tecnologías a evaluar) y por tanto permite elegir la mejor en función de los 4 criterios (evaluación técnica, clínica, económica por minimización y maximización), entre mayor sea el valor, mayor es su importancia y mejor es la alternativa (tecnología a evaluar).		
<b>RANKING DE MEJOR A LA NO MEJOR OPCIÓN</b>			
MATRIZ QUE PERMITE VIZUALIZAR EL RANKING	Se realiza el ranking con los valores obtenidos de la matriz de resultados, el cual permite elegir de mayor a menor valor en la ponderación indicando cual es el mejor tecnología, siendo el número 1 en el ranking. Adicionalmente, es posible observar los datos anteriores en la gráfica del ranking.		
<b>RAZÓN DE CONSISTENCIA (CR)</b>			
RAZÓN DE CONSISTENCIA (CR)	Se basa en la relación entre el índice de consistencia (CI) y el índice de consistencia aleatorio (RI), el cual permite conocer si los porcentajes de importancia elegidos y obtenidos en la matriz de comparación de criterios son coherentes o no. Para que sea coherente, como se evalúa una matriz 4*4, el CR debe ser menor que 0,1 (CR<0,1) por lo tanto los valores ingresados son confiables, en caso contrario, se recomienda cambiar en la tabla de "Resultados" los porcentajes obtenidos y/o ingresados.		Lider de operaciones y analistas de bioingeniería / mantenimiento.

